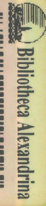
الألف كتاب (الثانى) ١١٠

الانقراض الكبير

ما الذى قضى على الديناصورات ودمر الأرض ؟

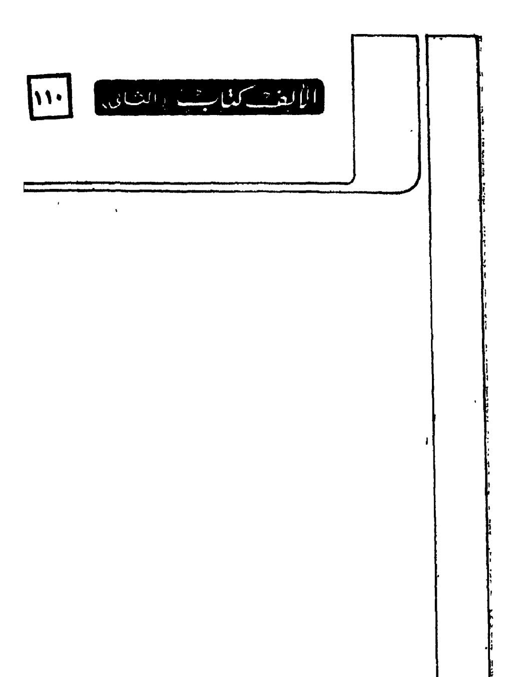
تأليف: ميكائيل ألبى
و جيمس لفلوك

ترجمة: د. أحمد مستجير





الهيئة المصرية العامة للكتاب



الانقراض الكبير

ما الذي قضى على الديناصورات ودمر الأرض؟

الألف كتاب الثاني

الانقراض الكبير

ما الذي قضى على الديناصورات ودمر الأرض ؟

تأليف

ميكائيل ألبي و جيمس لفلوك

ترجمة

د. أحمد مستجير

عميد كلية الزراعة - جامعة القاهرة



الهيئة المصرية العامة للكتاب

١٩٩٢

هذه هي الترجمة العربية الكاملة لكتاب

The great extinction

by

Michael Allaby & James Lovelock

بسم الله الرحمن الرحيم

« إذا الشمس كورت . وإذا النجوم انكدرت . وإذا الجبال سيرت . وإذا العشار عطلت . وإذا الوحوش حشرت . وإذا البحار سجرت ... وإذا السماء كشطت . وإذا الجحيم سعرت .. »

صدق الله العظيم

كورت : لفت ومحي ضوؤها	**حشرت :** جمعت ذاهلة من شدة الفزع
انكدرت: تساقطت من مواقعها وتناثرت	**سجرت:** تأججت نارا تلتهب .
سيرت : تحركت من مواضعها حتى صارت كالهباء .	**كشطت :** أزيلت من أماكنها .
عطلت : تركت بلا راع	**سعرت :** توقدت واشتدت .

مقدمة المترجم

كما الفن ، كما الأدب ، يرتكز العـــلم على الملاحظة ، والخيــال ، والجسارة ٠ وكل هذه انشطة ذهنية بشرية تحاول ابتكار العالم : تجريده، والتعمق في جوهره ، بغية الوصول الى المحال ــ الحقيقة !

ثمة بهجة تملأ رجل العلم ــ ومثله الفنان والأديب ــ ان هو أحس أن عملا له قد اقترب أو يقترب من الحقيقة ٠

مدهش هذا العلم وجميل حقا ، منهجه ، أسلوبه ، نماذجه ، نتائجه ، تأملاته ، نظرياته !

وهذا الكتاب يقدم نظرية ، نظرية تبرر انقراض الدينـــوصورات ــ ومعها ٧٠٪ من الكائنات الحية التى كانت تعيش على ظهر الأرض منــذ ٦٥ مليون سنة ٠ قد لا تبــدو النظرية ــ وموضوعها ــ للبعض مثيرة ، فماذا « سنستفيد » منها على اى حال ؟ ولكن ، حتى من يرى هذا ، سيجد متعة ــ اى متعة ــ فماذا فى تأمل « الطريقة » التى استطاع بها المؤلفان أن أن يكتشفا » ــ فى جسارة ــ واقعة حدثت منذ ملايين السنين ، بتفاصيلها ــ حتى لكانهما قد شاهداها ــ كيف جمعا وعرضـــــا وناقشا ــ تعضيدا للنظرية ــ وجبة عجيبة متماسكة من علوم التطـــــور والحفريات والوراثة والجيولوجيا والبيئة والمناخ والأقلمة والكيمياء والفيزياء والفلك ، كيف استطاعا أن يبحرا فى مسالك بعيدة ليوثقا النظرية ــ لتتأكد لنا وحــدة المعــرفة ٠ فان لم تكن من فائدة لهذا الكتاب سوى توضيح الطريقة التى تصاغ بها النظريات العلمية ، فكفى بذلك ، عندى ، سببا لترجمته ٠ لكنى أعرف أن هذا الكتاب سيبهر القارىء ، وسيضيف الكثير الى معلوماته ، وسيدفعه دفعا الى آفاق جديدة من التأمل الثرى والتفكير العميق ٠

٩ مارس سنة ١٩٨٨ ٠

أحمد مستجير

مقدمة

في أواخر السبعينات من قرننا هذا ، بدأت فى الولايات المتحدة وانجلترا سلسلة من البحوث المنشورة تلقى الضوء على واحد من أكبر الألغاز العلمية فى العصر الحالى · ان هذا الكتاب يحكى قصة حل هذا اللغز ·

يتعلق هذا اللغز ـ هامشيا ـ بمصير الدينوصورات ، والدينوصورات هى تلك الزواحف الضخمة التى « حكمت » العالم (وسنخفف من معنى هذه الكلمة كثيرا) منذ زمن سحيق فى القدم ، والتى أثار اكتشافها البهجة فى صدور الصغار (والكبار !) منذ نحـــو قرن ونصف من الزمان · وهامشية هذا الوجه من القصة لا ترجع الى أن الدينوصورات ليست مثيرة أو أنها ليست مهمة ، وانما لأننا قد نميل ـ فى خضم انفعالنا بها ـ الى أن ننسى أنها لم تندثر وحدها ، وانما اندثر معها أيضا نحو ٧٠٪ من أنواع الكائنات الحية ·

ليست كل الزواحف الكبيرة دينوصورات ، ولم تكن كلها يوما هكذا ، فهذه الكلمة تصف مجموعة ضخمة متباينة من الحيوانات تشكل عددا كبيرا من الأنواع ، ولكنهـــا بالرغم من ذلك كلمة دقيقة · كانت الزواحف هى الشكل الحيوانى السائد على اليابسة لفترة بلغت بضـــعة ملايين من السنين ، وكانت الدينوصورات هى قمة التطور فى الزواحف · وهى لم تكن حيوانات بطيئة غبية خرقاء سيئة التكيف لا تصلح الا كنكات «كارتون» فى مجال التطور ، فلقد كان الكثير منها سريع الحركة ، وكانت جميعا متقدمة تطوريا ، وكان كل منها فى زمانه مكيفا كأفضل ما يكون للبيئة التى يعيش فيها ·

ولقد بقيت الدينوصورات مزدهرة عموما حتى ٦٥ مليون ســـنة مضت · ثم اندثرت معظم الزواحف من فوق سطح الأرض · ولقد اختفت على حد علمنا كل الدينوصورات ، ومعها أيضا ـ كما ذكرنا ـ نحو ثلاثة أرباع الأنواع التى كانت تحيا على الأرض ·

هذا هو اللغز · ماذا حدث فتسبب فى هذه الكارثة الهائلة ؟

نحن نعتقد أننا نعرف السبب ·

ظل اللغز دون حل لفترة بلغت قرنا ونصف ، وذلك من تاريخ كشف أول العظام المتحفرة لنوع من زواحف ضخمة لا تشبه أيا من الزواحف الموجودة الآن • أما الشيء المؤكد ــ وان كان قد شكك فيه هو الآخر ــ فهو أن طبقات الصخور الرسوبية ــ التى تحمل أحافير الدينوصورات وكثير غيرها من الحيوانات ــ ترقد مباشرة تحت طبقات أخرى لا تكاد تحمل أية أحافير وليس بهاأى من أحافير الدينوصورات ، وهذه الطبقات الأخيرة هى بالضرورة أحدث عمرا لأنها توجد فوق الصخور الرسوبية • تنتسب الصخور التى تحمل أحافير الدينوصورات الى عصر يسميه الحفريون والجيولوجيون باسم العصر الطباشيرى ، أما الطبقات التى تعلوها فتنتسب للحقب الثالث الجيولوجى • تمثل الحدود بين هاتين الطبقتين نهاية فصل فى تاريخ كوكبنا ، وبداية فصل تال • ثم تعود الأحافير وتظهر مرة أخرى فى الصخور الأحدث عمرا الموجودة أعلى هاتين الطبقتين ، لكنها أحافير أنواع مختلفة عاشت فى عالم تسوده الثدييات • لقد حدث الانقراض ــ هذا الانقراض الجماعى ــ فجأة •

قدمت تفسيرات كثيرة ، كان بعضها معقولا ، وكان البعض الآخر مجرد سخف • يقبل الآن تفسير ما ، ثم يقبل من بعده تفسير آخر ، وهكذا حتى أصبح لدينا بمضى الزمن من التفسيرات ما حدا بالكثير من العلماء الى اهمالها جميعا ، ليدرجوا القضية فى مجال ما لا يفسر •

وظل الحال هكذا حتى ظهر اكتشاف جديد • قلنا الآن ان طبقة صخور العصر الطباشيرى تقع مباشرة تحت صخور الحقب الثالث وتلاصقه • ولكن هذا ليس صحيحا تماما • فبينهما ــ وفى مواقع كثيرة من العالم ــ توجد طبقة رقيقة من الصلصال • وعندما حللت عينات من هذا الصلصال اتضح أن مكوناته الكيماوية تختلف اختلافا واسعا عن تركيب الصلصال العادى وعن تركيب الصخور الموجودة فوقه أو تحتــه •

من هنا تبدأ قصتنا ، من الصلصال على التخوم بين الطبقتين • ان القصة اشبه ما تكون بالرواية البوليسية • تكتشف جثة ــ أو جثث كثيرة فى روايتنا الحالية • تفشل كل محاولات تفسير سبب الموت • ثم تظهر الأدلة من حيث لا نحتسب ــ فقد انشغل العلماء فى فحص شيء مختلف تماما ، ولم يفكروا فى التوافق الزمنى الا مؤخرا • وما أن تفك طلاسم هذه الدلائل حتى تبزغ صورة لكارثة هائلة !

اننا نعتقد أن محاولتنا فى تفهم الأدلة هى فتح جديد فى بابه • طبيعى أن يكون الكثير من توصيفنا للواقعة وما قد حدث فى أعقابها هو مجــرد

تاملات ، لكنها تاملات معقولة من الناحية العلمية · قد لا يكون ما نصفه هو ما حدث فعلا ، ولكنا متأكدون من أننا نصف ما يمكن أن يكون واقع ما حدث · وهذا ليس أمرا سهلا ، لأن الكارثة ذاتها كانت أبعد بمراحل من كل ما خبره جنسنا البشرى ، أبعد بكثير من كل الظواهر التى أمكن تحقيقها تجريبيا · ان ما حدث يتحدى كل قدراتنا التصورية ·

كانت الكارثة هائلة ، أبعد بكثير من كل ما أمكن للانسان العصرى أن يصنع ، حتى لو فجرنا كل أسلحتنا الذرية فى وقت واحد · لهذه الحقيقة تضمينات ، وهى تظهر أهمية خاصة لقصة حدثت من دهور مضت · اذا كانت الكارثة الضخمة قد فشلت فى تدمير الحياة على أرضنا، فكيف تكون نظرتنا للتهديدات المفترضة اليوم من الصناعة أو الحروب ، والتى يعتقد الكثيرون بوجودها ؟ هل يمكن أن ندمر جنسنا البشرى ، دعك من تدمير الحياة كلها ؟ فاذا لم يكن فى استطاعتنا أن نفعل حتى هذا ، فما هو مدى تكيف الحياة نفسها ؟ كم يتطلب الأمر كى نغير وجه الأرض ونحيلها الى أحافير وحطام وأشباح ؟ ·

هذه أفكار قد تشغلك بعد قراءة الكتاب · ولكن دعنا نحكى القصة أولا · لقد بدأت فى جنوب انجلترا بامرأة ، كان اسمها مارى آننج ··

ميكائيل آلبى

ويدبريدج ــ كورنوول

جيمس لفلوك

لونسستون ــ كورنوول

الفصل الأول

العثور على الجثة

لم تكن مارى آننج (١٧٩٩ ـ ١٨٤٧) مجرد امرأة عادية · تلقت قسطا ضئيلا من التعليم الرسمى ، لكنها وجهت اهتمامها الى حـرفة بذاتها ، ويالها من حرفة ! تخصصت فى البحث عن الأحافير ، وبيعها ، لتشتهر فى نهاية الأمر بقدرتها الفائقة على تحديد أماكن وجود الأحافير ـ وكان ملك سكسونيا واحدا من عملائها ـ وبازدهار عملها تعلمت الكثير عن بضاعتها الغـريبة ·

كانت تعيش فى قرية لايم ريجيس ، بمقاطعة دورسيت على الشاطىء الجنوبى لانجلترا ، حيث الصـخور الطباشيرية الغنية ببقايا النباتات والحيوانات التى عاشت فى الأزمنة القديمة ، وحفظت ودفنت بعد موتهـا فى المواد الرسوبية التى يأتى بها البحر · ثم تعرت الصخور الأقدم عندما قام البحر فى العصر الحديث بنحت سـطح المنحدرات الصـخرية على الشاطىء ليزيل الطبقات التى رسبت عليها مؤخرا · كانت هذه المنحدرات هى الأماكن التى فتشت فيها مارى ، وفحصت بها محتـويات الانزلاقات الأرضية والأسطح الطباشيرية التى تتعرى كلما سقطت الى الشـاطىء قطعة سائبة من المـادة ·

عرفها والدها بعملية جمع الأحافير ، كانت حرفته هى النجارة ، ولكنه كان يهتم بالعالم الطبيعى اهتماما واضحا ، شأنه فى ذلك شأن الكثير من الأوروبيين فى مطلع القرن التاسع عشر · ولقد كان هاويا متحمسا لجمع الأحافير الغـريبة ·

كانت مارى تصحبه فى تجواله ، وبدأت مجموعتها الخاصة من الأحافير · لا يستطيع كل شخص أن يحيا فى جوار الأجراف الطباشيرية، ولقد نشأت بسرعة أسواق فى أماكن أخرى من انجلترا تباع فيها الأحافير· كان عمر مارى احدى عشرة سنة عندما باعت أولى عيناتها ·

ثم توفى مستر آننج ، وكان على مارى ان تبحث عن وسيلة للانفاق على عائلتها • كشفت بحثها اذن عن الأحافير ، وأخذت تبيع أعدادا أكبر منها ، وظلت تعول عائلتها بهذه الطريقة طالما لـزم ذلك ، الا ان ذيوع شهرتها جعل مهنتها فى جمع الأحافير وبيعها أنجح من أن تترك • بل الحق أنها أصبحت شيئا كالأسطورة • غير ان طول تعرضها للجـو البارد قد تسبب فى اصابتها بالروماتيزم الحاد • لكن ، لم يكن هنـاك ما يحولها عن طريقها فى الحياة ـ أو هكذا بدا لها •

كانت شواطىء دورسيت ايضا منطقة معروفة لقضاء الصيف ، ولقد شارك الكثيرون من المصطافين مارى الحماس فى جمع الأحافير • وبذا افتتحت للجمهور « مستودعا للاحافير » ليزداد دخلها •وما يزال الكثير من احافير مارى آننج موجودا حتى الآن فى المتحف البريطـانى (للتاريخ الطبيعى) • اختفى بالطبع « مستودع الأحافير » ، لكن المبنى الذى كان يضمه ما يزال قائما فى قرية لايم ريجيس على مبعدة بضـعة امتار من الشاطىء •

وفى نحو عام ١٨١٠ اكتشفت مارى فى الأجراف عظام حيـوان بحرى ضخم لا يشبه ايا من الحيوانات الحالية • كانت العظام ما تزال مترابطة ، ومنها لم يكن من الصعب ان يقوم العلمـاء بمحاولة لاعادة تركيب الشكل الحى للحيوان الذى كانته • ولقد أطلق عليه فيما بعـد اسم الاكصور •

عندما أعيد تركيب الاكصور كان شبيها بالسمكة ، فله الشـكل العالم للأسماك • لكن أطرافه كانت أطراف حيـوان ثديى بحـرى ، وكالثدييات البحـرية كان الواضـح أنه يتنفس الهـواء ، بالرئات لا بالخياشيم • فاذا نظرنا الى النواحى الهامة الأخـرى وجدناه فى وضوح من الزواحف • وبذا تبدت صورة زاحف ضخم ، فيه شىء من السمكة وفيه أيضا من الدلفين الحديث ، كان يحيا فى البحر ـ هو شىء يمكن أن يقال له « سحلية سمكية » • ما هذا الحيوان ؟ من أين أتى ؟ وأين يعيش الآن ؟ واشتهر اكصور مارى آننج • لقد عثرت مارى على الجثة ، او قل انها على الأقل قد عثرت على « احدى » الجثث •

لم يكن هذا هو الحيوان الغريب الوحيد الذى عثر على بقاياه • لا ولم يكن حتى أول حيوان • ففى عام ١٧٧٠ ، وفى بلدة ماشتريخت الهولندية الواقعة على نهر موس ، عثر على فكى سحلية هائلة فى كهف طباشيرى تحت الأرض ، سميت فيما بعد باسم «موساصور» (أى سحلية موس) • واتضح أن هذين الفكين لزاحف بحرى لاحم مفترس ، يبلغ طوله

٦ ـ ٨ امتـار ، ذى ذيل طويل كان يستخدمه فى السباحة ، واطرافه حورت لتعمل كمجاديف ٠

وفى عام ١٧٨٤ عثر على بقايا زاحف طائر صغير يشبه الخفاش، وكان ذلك فى بافاريا ، ولقد اطلق على هذا المخلوق اسم « تيروصور »٠

ثم ، فى عام ١٨٢٢ ، عثرت امرأة تدعى مسز مانتل على بعض الأسنان الحفرية فى حديقتها بمقاطعة سبكس بجنوب انجلترا، وعرضتها على زوجها الدكتور جديون مانتل ، وكان ممارسا عاما وحفريا هاويا ممتازا ٠ بدت هذه الأسنان له شبيهة بأسنان سحلية ايجوانا التى يعرفها ، سوى انها كانت اكبر بكثير ٠ ثم اكتشفت على مقربة من نفس هذا الموقع عظام بدا انها تنتسب لصاحب الأسنان ٠ قام الدكتور مانتل اذن ـ مفترضا أن البقايا لزاحف يشبه سحلية ايجوانا ـ باعادة تركيب العظـام ، ونشر نتيجة عمـله عام ١٨٢٥ وصف فيهـا ما اسـماه «ايجوانودون» ، وهو زاحف يشبه ـ عموما ـ سحلية ايجوانا الموجودة الآن ، وان كان ذا رجلين اثنين ، وارتفاعه عند الوقوف يصل الى عشرة امتار ٠ وبينما كان مانتل منشغلا فى تركيب الايجوانودون مسـتعينا باحد الحفريين كان وليام بكلاند ، استاذ الجيولوجيا بجامعة اكسفورد، يقوم بعمل مشابه يعيد به تركيب حيوان يسمى « ميجالوصورص » وكان لاحما رهيبا ٠ كانت عظام هذا الحيوان قد اكتشفت فى مقاطعة اكسفورد عام ١٨٢٤ ٠ غدا الاهتمام بهذه الاكتشافات عظيما ، وكذا ايضا أصبح البحث عن عظام اخرى شبيهة ٠ وما ان وصلنا عام ١٨٤١ حتى كـان العلماء قد عرفوا تسعة اجناس من هذه الحيوانات المنقرضة ٠ وبعـد مرور ثلاثين عاما ـ ما بين ١٨٧٧ و ١٨٨٠ عثر فى مدينة بيرنيسـارت ببلجيكا على واحد وثلاثين ايجـوانودونا تنتسب جميعا لايجوانودون دكتور مانتل ٠

كان السير ريتشارد اوين ـ الانجليزى عالم التشريح والحيوان ـ هو من صاغ فى عام ١٨٤١ اسما لهذه الرتبة من الحيـوانات ، فضم الكلمتين اليونانيتين : دينوص (وتعنى الرهيبة) وصـورص (وتعنى السحلية) فى كلمة واحدة هى دينوصور ٠ حسنا ، لقد أعطينا هـذه الجثث الاسم ، ولكن ، هل عرفنا هويتها ؟

كان الناس على مر التاريخ يعثرون على ما يبدو عظاما ماردة ، وكانت هذه العظام تفسر ـ فلابد من تفسير لها ـ على انها بقايا مردة ٠ كانوا يعتقدون بأن سلالات عملاقة من البشر ـ أم هل نقول من شبيهات البشر ـ كانت تعمر هذه الأرض من زمان طويل ، يصاحبها اشكال ماردة

من الحيوانات الموجودة الآن · ثمة أحفورة شـــهيرة تعرفوا عليها ـ وتأكدوا منها على ما يبدو ـ كانت هى « غراب سيدنا نوح » · ويبدو اننا لو عرفنا الحقيقة فسنجد على الأغلب أن كل أساطيرنا عن العمـــالقة وعن العمالقة من جنس البشر فى المناطق الملائمة لحفظ الأحافير ـ انما ترجع الى اكتشاف مثل هذه العظام ، بجانب آثار الأقدام المحفوظة هنا وهناك · فالعظام وآثار الأقدام لم تكن اذن تشكل أية صعوبات فلسفية للناس فى العصور القديمة · لا ولم تسبب أية صعوبات لمعظم النـــاس فى القرن الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر · لقد كانوا يعتقدون أن كل الأنواع قد خلقت سويا وأن معظمها قد هلك فى الطوفان العظيم ولم يبق منها الا ما حفظه سيدنا نوح ·

أهملوا بعضا من الصعوبات التى لابد وأن قد واجهها نوح · كان لابد لسفينته أن تتسع لحمل ما يبلغ نحو مليون نوع من الحشرات ، ٢٥ الف نوع من الطيور و ٢٥٠٠ نوع من البرمائيات وستة آلاف نوع من الزواحف وبضعة آلاف نوع من الثدييات بجانب عشرات الآلاف من أنواع الكائنات الدقيقة ، ومعها بالطبع غذاؤها · كان حجم سفينته نحو ٤٣٨٠٠ مترا مكعبـا ·

أيا كان الأمــر ، فان ما اكتشف فى أواخـــر القرن الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر من أن العظام وآثار الأقدام وغيرها من البقايا لم تكن لبشر من الردة وانما لحيوانات مختلفة تماما ، هذا الاكتشـــاف قد قاد أساسا الى تأملات عن أحوال الأرض قبل الطوفان · كانت وجهة النظر المقبولة فى تلك الأيام هى أن خلق الكائنـــــات قد تم فى الساعة التاسعة من صباح يوم الأحد ٢٣ اكتوبر سنة ٤٠٠٤ قبل الميـــلاد · وهذا التاريخ هو كل ما يذكره الكثيرون عن رئيس أساقفة آرماغ « جيمس أشر » (١٥٨١ ـ ١٦٥٦) ، ذلك الرجل المثقف الموهوب ، الذى توصل الى هذا التاريخ بأن عد الأجيال ـ فى قائمة النسل الموجودة بسفر التكوين ـ حتى مولد المسيح · أليس فى هذا ما يجعل هذا الأسقف الطيب أول من صمم نمطا رياضيا لوصف الحقيقة ؟ اذا كان الأمر كذلك ، فلا أقل من أن يمتنع نسله من المعاصرين عن السخرية منه · وعلى أية حال فلقـــد رسخ التاريخ ٤٠٠٤ ق·م· تماما فى القرن التاسع عشر ولم يكن يجـــرؤ على الاعتراض عليه الا الشجاع حقا ·

كان من الضرورى فى النهـــاية أن يعتـــرض عليه العلمـــاء · ومن الطبيعى أن العلم يستخدم الأنماط ، لكنه يختلف عن غيره من النظم التى تستخدم الأنماط فى أنه يختبر أنماطه على الظواهر المشاهدة فى العـــالم

الواقعي ، وفي أنه مستعد ــ نظريا على الأقل ــ أن يطرح أنماطه جانبا اذا ما وجد أن قدرتها على الوصف قاصرة · كان أول من تشكك في هذا النمط لخلق الكائنات هم الجيولوجيون · كانت دراسة الصخور قد أصبحت في القرن التاسع عشر موضوعا يتابعه الكثيرون ، وبينما كان الهواة يجمعون البيانات والعينات ، كان المتخصصون يبحثون في تضمينات ما يجده هؤلاء الهواة ·

كان جيمس هاتون (١٧٢٧ ــ ١٧٩٧) طبيبا اسكتلنديا تحول ليصبح جيولوجيا · قدم هذا العالم عام ١٧٨٥ بالجمعية الملكية بادنبرة بحثا أعلن فيه نظرية « المشابهة » ، وهي نظرية تفترض أن العمليات الجيولوجية التي يمكن ملاحظة عملها الآن على الأرض قد عملت دائما بنفس الطريقة خلال تاريخ هذا الكوكب ، وعلى هذا فاذا لاحظنا ــ على سبيل المثال ــ تفجر البراكين وفحصنا الصخور التي تنشأ عن ذلك ، فمن الممكن أن نستنبط حدوث البراكين في العصور القديمة اذا ما عثرنا على صخور مشابهة لم نرصد بجوارها أية انفجارات بركانية · افترض هاتون اذن اننا اذا عرفنا العملية التي تنتج نوعا من الصخور فلنا ان نقول ان نفس العملية هي المسئولة عن انتاج نفس الصخور خلال التاريخ · وتكمن اهمية هذه النظرية في رفض التبرير بحدوث الكوارث أو التدمير الفجائي كمكونات ضرورية لتفسير وجود الصخور التي نراها حولنا اليوم ·

وبعد فترة قصيرة لاحظ وليم سميث (١٧٦٩ ــ ١٨٣٩) ــ وهو مساح جال خلال بريطانيا يفحص طبيعة الريف لحساب شركات بناء القنوات ــ لاحظ أن توالي طبقات الصخور يحدث دائما بنفس النظام ، وانه من الممكن أن تستخدم أحافير معينة في تحديد الطبقات بالصخور الرسوبية ·

وعندما فحصت هذه الملاحظات مع غيرها مما أورده جيولوجيون آخر ، ظهرت تضمينات معينة · فمن فحص الصخور الرسوبية يمكن أن نقول انها قد تكونت عن تراكم الرسابة ، التي قد تطمر فيها بعض الكائنات الحية ، ثم انها قد ضغطت تحت ثقل الصخور من فوقها · وقد تحدث احيانا عمليات أخرى ، فتشوه الطبقات ، أو تسخن أو تعرض لسوائل أو غازات تسبب بها تغيرات كيماوية · ولقد أمكن ملاحظة ان هذه الصخور قد تكونت خلال حقب معينة تراكمت فيها الرسابة ، تخللتها حقب لم تضف فيها أية رواسب · كما لوحظ أيضا ان عمليات مشابهة لا زالت تحدث حتى الآن ، فهناك مواقع كثيرة يحدث فيها الترسيب ويمكن فيها قياس معدله · ومن مثل هذه القياسات يمكن تقدير الزمن الذي يستغرقه

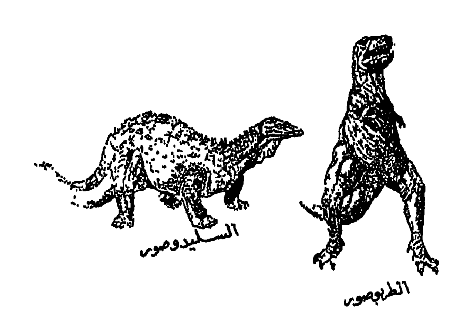
تكوين طبقة من الصخور ذات سمك معين • ومنه يمكن تقدير عمر طبقات الصخور الواقعية • وكانت نتيجة ذلك ان اتضح أن عمر هذه الصخور كان اقدم بكثير مما كان يظن • كان من الضرورى اذن أن يهمل تاريخ أشر ، وأن يقدر عمر الأرض بالملايين لا بالآلاف بل وبعشرات الملايين ، بل وبمئات الملايين (ونحن نعرف الآن ، باستخدام القياس الاشعاعى الدقيق ، انه يقدر بآلاف الملايين من السنين) • كان لذلك تضميناته بالنسبة لأحافير المردة أيضا • فقد أصبح من الجلى من مستويات الصخور التى عثر فيها على هذه الأحافير انها عاشت حقا منذ زمن سحيق جدا • كان من الضرورى اذن أن تتغير النظرة التقليدية للعالم الطبيعى • ولقد تغيرت •

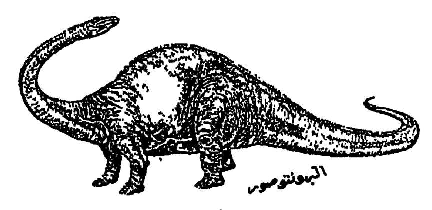
ثم لوحظ ان بقايا الحيـــوانات القديمة تحمل شبها بالحيوانات المعاصرة يصعب تفسيره عن طريق نظرية الكارثة الفجائية • وعندما قرنت مثل هذه الملاحظات بأخرى صارمة عن العلاقات بين الأنواع الحية، نشأت نظرية التطور عن طريق الانتخاب الطبيعى ، ثم آن النظرية قد قبلت تدريجيا •

حلت اذن حلقة من الأسرار : فالعظام القديمة تنتسب الى مجموعة من الزواحف المنقرضة • وثبت أن عمر هذه العظام يبلغ عشرات الملايين من السنين ، وأن الانتخاب الطبيعى يمكن أن يفسر ظهور الزواحف على الأرض ، ومعها أيضا الأنواع التى خلفتها • عثرنا على جثة أو جثتين ثم قاد ذلك الى حمية فى البحث عن جثث أكثر ، وكانت النتيجة أن تحولت الجثة أو الجثتان الى عدد كبير من الجثث • ولأن الظروف التى تؤدى الى حفظ وتحفير بقايا النبات أو الحيوان هى ظروف غير عادية وخاصة جدا، فمن الممكن أن نتأكد حقا من أن الأحافير التى عثرنا عليها لا تمثل أكثـــر من قمة جبل ثلجى هائل للغاية ــ بل القمة غير الممثلة حقا •

أصبح فى مقـــدورنا الآن أن نحدد تاريخ الأحـــافير بمســـاعدة الجيولوجيين والطرق التى ابتكروها لتحديد العمر ، ولقد عرفنا الآن هوية هذه الجثث وزمان موتها • فهى قد اختفت من فوق ظهر الأرض منذ ٦٥ مليون ســنة •

كما كشفت البحوث أيضا عن سر آخر ، لعله أكثر اثارة • نتفق جميعا على انقراض الزواحف الضـــخمة تماما ــ بالرغم من أن قدامى مؤلفى قصص الخيال العلمى قد كتبوا قصـــصا رائجة ممتازة ممتعة مفترضين أن بعضا من هذه الزواحف لا يزال يعيش فى بعض « العوالم المفقودة » ــ ولكن ، ما هو السبب فى انقراضها ؟ وبالذات ، لماذا انقرضت أيضا مع الزواحف نسبة كبيرة من الأنواع الحية فجأة منذ نحو ٦٥ مليون





شكل (١)

ثلاثة دينوصورات نموذجية تمثل تلك التى اختفت من فوق ظهر الأرض منذ ٦٥ مليون سنة اثناء الانقراض العظيم

سنة مضت ؟ كان السؤال ببساطة هو : ما الذى قضى عليها ؟ ولم يكن ثمة اجابة شافية ·

قد تبدو مشكلة اندثار هذه الكائنات العملاقة اقل أهمية من طريقة حياتها ، عند البعض منا ممن يفضلونها حية · فعلى اية حال ، ثمة بهجة تملؤنا فى تصور الشكل الذى كانت عليه هذه الكائنات ، وفى تخيل انفسنا فى مواجهة تيرانوصورص ركس (الذى اندثر قبل أن يظهر

أسلافنا بملايين عديدة من السنين) ، لا فى تأمل موتها • ان فضـــول الانسان لا يمكن اشباعه ، لا سيما فى مواضيع كالتحريات البوليســـية بحثا عن المجرم • اننا نود أن نعرف السبب فى انقراض الدينوصورات ، ونحس بأن من حقنا أن نعرف ، وأن العدل يتطلب أن نعرف •

أجهد المفكرون أنفسهم ــ رجالا ونساء ــ على مدى ســـنين طويلة يحاولون حل اللغز ، ووصلوا أخيرا الى نقطة كان التأمل عبرها غير مجد • أصبح لدينا من التفسيرات الكثير ، حتى غدا من الصعب طـرح أية تفسيرات جديدة • كانت المشكلة هى وجود شـــواهد قليلة لبنـــاء التفسيرات • كان الشيء الوحيد المعروف عن يقين هو أن الانقراض قـد حدث • وبذا كانت التفسيرات بالضرورة تخمينية ، فمـــا يعجب شـخصا اليـوم ، قد يرفضه آخـر غدا •

تسجل الانقراضات الجماعية الحد الفاصل بين قسمين من أكبـــر أقسام الأزمنة الجيولوجية •

ابتدأ الحقب الميزوزوى (حقب الحياة الوســـطى) منذ نحو ٢٢٥ مليون سنة ، وقد ازدهرت الزواحف على طوله • وهذا الحقب مقســم الى عصور عديدة آخرها العصر الطباشيرى • وتلا العصر الطباشيرى ــ منذ ٦٥ مليون سنة مضت ــ العصر الثالث وهو أول أقســام الحقب الحديث • وأيا كان سبب الانقراض فهو يعرف باسم « واقعة الحد بين العصر الطباشيرى والعصر الثالث» • وهذا الحد واقع حقيقى، واقع مادى يمكنك أن تراه اذا كنت تبحث عنه ، فهو خط واضح يفصل ما بين طبقة من الصخور وطبقة أخرى فوقها (لم تعثر مارى آننج على أحافيرها عند هذا الحد ــ وانما كانت طبقات تتبع الفترة الجوراوية الدنيا ، وهـــذه قسم من العصر الجوراوى يسبق العصر الطباشيرى ــ وهذا يجعل عمر أحافيرها ما بين ٦٥ و ٢٠٠ مليون سنة) • ثمة أماكن يمكن أن يرى فيها هذا الحد الفاصل • ففى انجلترا ، على سبيل المثال ، يظهر هذا الحـد فى الأجراف الدنيا على شاطىء البحر فى ستضلاند ، بمقاطعة دورسيت ، وهـذا موقع ليس ببعيد عن لايم ريجيس ، وان كان أبعد عن منطقـــة مارى آننج •

هل حدث الانقراض بالفعل فجاة ؟ صحيح أن الأمر يبدو هكذا ، ولكن هل تم فجاة ؟ ان نوع التفسير الذى نحتاجه للواقعة الفجائية سيختلف تمـــاما عن التفســـير الملائم لواقعـــة حدثت تدريجيا • ان الاختـــلاف يشبه الفارق ما بين حادثة القتل وبين الموت على السرير بعـــد مرض طويل • ان السؤال الذى يلزم أن نجد اجابته أولا يختص بسرعة حدوث

الانقراض • ولقد قدمت تفسيرات بعضها يعضد الانقراض التـــدريجي والبعض الآخر يعضد الانقراض الفجائى •

افترض البعض أن السبب قد يرجع الى تغير الجو الذى نعرف أنه قد حدث أثناء العصر الطباشيرى • ولقد كان من المعتقد أن تغيرا سابقا فى الجو قد تسبب فى انقراضات جماعية مماثلة فى بدء الحقب الميزوزوى ونهاية العصر البرمى السابق له ، فهذه الانقراضات على ما يبدو قـــد حدثت فجأة • ولكن ، اذا كانت الانقراضات الطباشيرية قد نتجت عن مثل هذا السبب ، فالأغلب أنها كانت ستحدث تدريجيا ، وفى هذه الحـــالة فان انقراضات العصر الطباشيرى ـ الثالث الفجائية لن تكون بأكثر من نتاج مضلل لشواهد أحفورية مشتتة • قد لا يشير السجل الموجود بين أيدينا الا الى الأنواع التى اختفت خلال فترة قصيرة ، أما الأنواع التى اختفت قبلها على مدى زمنى أطول فقد لا تكون قد حفظت ، أو اننا لم نعثر على بقايا أحافيرها •

ولقد اكتشف حديثا أن المجال المغنطيسى للارض يعكس قطبيته من آن لآخر ، فيصبح الشمال جنوبا والجنوب شمالا ، وفى أثناء حـــدوث هذا الانقلاب ـ وهو يحدث على فترة تبلغ بضعة آلاف من السنين ـ يضعف المغنيطوسفير ـ وهذا غلاف يكونه المجال المغنطيسى الذى يغلف كوكبنا • ومثل هذا الضعف قد يسمح بدخول اشعاعات مؤينة من الشمس ولقد كان من المعتقد ان حدوث هذا يضعف من طبقة الأوزون التى تمتص الكثير من الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس ، وبذا يشعع سطح الأرض • فهل علينا أن نفترض أن الأنواع التى انقرضت قد قليت بالأشعة فوق البنفسجية ؟ اقترح أن الانقلابات القطبية قد تنتج عن التغيـــرات الجوية • وفى هذه الحالة ، هل يكون انقلاب القطبية مجرد مؤشر لحدوث الواقعة البيولوجية الهامة ، وليس سببا فيها ؟

ثمة تفسير دنيوى لهذا الانقراض يرجعه الى ظهـــور الثدييات • فالثدييات حيوانات ذات « دم حار » تحفظ درجة حرارة أجسامها مســتقلة عن البيئة الخارجية (حيوانات ثابتة الحـــرارة) ، وبذا ففى مقدورها أن تحيا حياة ليلية ، أما الزواحف ذات «الدم البارد» فلا تستطيع هذا • فاذا كانت الزواحف القديمة تشبه الكثير من نظائرها من الزواحف المعاصرة ، فمن الممكن أن يقع بيضها المكشوف فريسة للثدييات تتغذى عليه أثناء الليل ، وبذا تنخفض الكفاءة التوالدية للزواحف ، ويقل عددها ، حتى تختفى تمـــاما •

أو لربما انفجر نجم فى منطقتنا من المجرة فامطر سطح الأرض بجسيمات عالية الطاقة • فهل ماتت أنواع من مثل هذا الاشعاع ـ بشكل

مباشر ، أو بشكل غير مباشر بأن أصبحت عقيمة ؟ هل هذا ما حدث ؟ وهل انقرضت لهذا السبب بسرعة ؟

ربما تحركت سحابة من « غبار ـ ما ـ بين ـ النجوم » خلال نظامنا الشمسي (أو تحرك نظامنا الشمسي خلال هذا الغبار ، فالنتيجة واحدة)٠ فهل حجب هذا الغبار الاشعاعات الشمسية لفترة قصيرة أظلمت فيها الدنيا ؟ ففى الظلام تموت النباتات الخضراء التى تعتمـــــد على ضوء الشمس ، كما تنفق الحيوانات التى تتغذى عليها ، من الجوع ٠ وعـلى أية حال ، فالعالم المظلم البارد لن يكون المكان الملائم لحيوانات متغيرة الحرارة ٠ فهل كان الأفق فى أواخر العصر الطباشيرى مظلما ؟ ٠

ثم هناك احتمال أخير ـ هو أكثر الاحتمـــــالات مأساوية ٠ هل اصطدم بالأرض جسم ضخم ـ قل مثلا نيزك أو شهاب ؟ لو حدث هذا ، فماذا يكون الأثر ؟ يطلق اسم « كويكب » على الأجسام الصلبة الصغيرة السابحة فى الفضاء ، ولها حجم كوكب ضئيل ـ أى يبلغ قطرها نحـو عشرة أميال أو ما أشبه ٠ فالنيازك والنجيمات تعتبر كويكبات تسـير بسرعات عالية ٠ أما المذنبات فهى أصغر حجما ، ونصفها ثلج ، ولكنها تتحرك بسرعة أكبر بمراحل ، وبذا فقد تحوى نفس القدر من الطـــاقة تقريبا ٠

فاذا ما اخترق غلاف الأرض الجوى أحد الكويكبات بسرعة تبلغ عشرين كيلو مترا فى الثانية (٧٢٠٠٠ كيلو مترا فى الساعة) فسيصل سطح الأرض بعد ثوان من الاختراق٠ هنا سيسمع صوت اصطدامه كفرقعة هائلة ـ فرقعة اذا قورنت بفرقعة انفجار قنبلة هيدروجينية فستكون مثل ثورة بركان سانت هيلين مقارنة بصوت اطلاق بندقية الأطفال ـ صـوت هو أبعد بكثير جدا من كل ما خبره البشر على الاطلاق ٠ سيحمل الصوت كحشد من الأمواج الصاخبة ، وستعم الزلازل أرجاء الأرض جميعا ٠ ولو سقط الجسم فى البحر ، فستنطلق الأمواج عبر المحيطات بسرعة مئات الكيلومترات فى الساعة ، لتشكل حوائط هائلة من الماء ـ قد يصـل ارتفاعها الى مائة متر ـ تكتسح شواطىء القارات ٠ ولو أنه سـقط على اليابسة اذن لأحدث حفرة ربما بلغ اتساع فوهتها ٢٠٠ كيلو متر ، لتنتشر مادة الأرض تدريجيا ـ على مدى فترة طويلة ـ الى الغلاف الجـوى ، ثم تسقط كغبار على الأرض ٠ كما أن مرور جسم غنى بالطاقة خـلال الغلاف الجوى سيسبب تفاعلات كيماوية فى الهواء نفسه ، كما قد تحدث تفاعلات كيماوية عقب انتثار الغبار ، وربما انبثقت الصخور المصهورة من تحت قشرة الأرض عن البراكين الثائرة بسبب هذه الهزة العنيفة ٠

فاذا لم تكن زاوية دخول الجسم فى الغلاف الجوى حادة ولم يكن سريعا ، وانما كان دخوله بزاوية ضحلة ، بحيث يرتد عن سطح الأرض ليتخذ مدارا له غير ثابت ، فانه سيفقد فى كل دورة جزءا من طاقته ليقترب بالتدريج من الأرض دورة بعد دورة حتى يسقط فى نهاية الأمر على الأرض شظايا مبعثرة على أوسع جبهة · سيفقد الجسم ، فى الغلاف الجوى ـ اثناء هذا كله ـ طاقته الهائلة ، ان يكن ذلك ببطء ·

هل قضى مثل هذا الاصطدام على مجاميع كاملة من الأنواع ؟ ان فى امكانه بالطبع أن يفعل ذلك · ان ستارا من الغبار يحجب ضـــوء الشمس عن الأرض سيسبب الموت للكثير من النباتات ، تماما كما اقترحنا بالنسبة « لغبار ـ ما ـ بين ـ النجوم » · كما يمكن للتفاعلات الكيماوية أن تحدث اظلاما مماثلا اذا ما تكونت كميات كبيـــرة من أكســيدات النتروجين · فاذا ما نتج عن هـــــذه التفـــاعلات احماض النيتـــريك والهيدروكلوريك والكبريتيك ـ وهو ما يمكن بالفعـــــل أن يحدث ـ فان سقوطها « كمطر حمضى » سيسبب اتلافا كبيرا للنباتات ·

والحقيقة أن ثمة طرقا عديدة يمكن بها لمثل هذه الواقعة أن تعـــلل الانقراض ، وان كان البعض من هذه التفسيرات الممكنة ـ مثل المـــوت جوعا بسبب موت نباتات الغذاء ـ قد يدفعنا الى ألا نهمل احتمـــال أن تضم آخر الزواحف الهائلة انواعا ثابتة درجة الحرارة ·

كل هذا طيب جدا · ولكن هل ثمة من سبب يدعونا الى أن نفضل هذه الكارثة كتفسير للانقراض ، مقارنة بالتفاسير السابقة ؟ هل يرتكز هذا التفسير على اكثر من مجرد التخمين ؟

للاجابة على هذا السؤال علينا أن نتعقب اثر الأدلة التى دفعت العلماء فى السنين القليلة الماضية الى الاستنباط بأن الواقعة التى حدثت على الحد بين العصر الطباشيرى والعصر الثالث كانت بسبب ارتطام جسم فضائى بالأرض ·

الفصل الثانى

أدلة من الصلصال

كان ثمة علماء يخربشون فى سطح الأرض ، لم يكونوا يبحثون عن شىء معين ، وانما كانوا يجمعون عينات للتحليل المعملى ٠ كانوا يطمعون فى أن تمدهم هذه العينات ومحتواها الكيماوى بوسيلة أفضل من الوسائل المعروفة لتقدير عمر طبقات معينة من الصخور ٠

كانوا يعملون قرب مدينة جوبيو فى وسط ايطاليا ، وهذا هو الاسم الحديث للمدينة ، فقد كان أبناء مقاطعة امبريا القديمة يسمونها ايجوفيوم، وكذا أيضا كان يسميها الرومان الذين شيدوا مسرحها ٠ ثم وفى القرن الرابع عشر بنى بها قصر فخيم ـ بلازو دى كونسولى ـ ويشغله اليوم مجلس المدينة ٠

تقع جوبيو فى حضن جبال الأبينين بمقاطعة بيروجيا ٠ وهى مدينة ساحرة جميلة تضم ٣٢٠٠٠ من السكان ، تفخر ـ كالبعض غيرها من المدن الايطالية ـ بما تحتفظ به من تقاليد العصور الوسطى ٠ ظلت هذه المدينة مستقلة قرونا طويلة ولم تتحد مع المملكة الايطالية حتى عام ١٨٦٠ ٠ وهى تشرف على هضبة عند سفح جبل انجينو ترتفع كثيرا عن سطح البحر وتتمتع بجو معتدل ٠ والحقول حول جوبيو تنتج أعنابا يصنع منها نبيذ محلى ، كما تنتج الزيتون لاستخلاص الزيت ، بجانب الحبوب ٠

غير أن جوبيو قد ذاع صيتها فى ربوع ايطاليا كلها ، منذ أوائل القرن السادس عشر ، بما تصنعه من الخزف ٠ ثم أصبح الأسمنت والطوب فيها مؤخرا من أهم منتجاتها التجارية ٠ يصنع الخرف والطوب من الصلصال المحلى ، وكان هذا الصلصال هو ما اهتم به العلماء ٠

كان اهتمامهم يرجع الى أن صلصال جوبيو يحدد فى وضوح تام الحـــدود ما بيـن العصـــر الطبـــاشيرى والعصـــر الثـــالث ٠ فجوبيو واحدة من تلك المواقع التى يمكن فيها أن ترى هذه الحـــدود بسهولة ٠ فاذا كان التركيب الكيماوى لصلصال هذه الطبقة مميزا لها ، فمن الممكن أن يشير أى صلصال له نفس التركيب فى أى مكان بالعـالم الى نفس هذه الحدود ٠ سيعمل الصلصال اذن كعلامة يمكن بها أن نميز بشكل قاطع موقعا على قشرة الأرض عمره ٦٥ مليون سنة ، يكون عمـر الصخور الموجودة تحته ـ بما تحمله من احافير ـ أقدم من ٦٥ مليـون سنة ، ويكون عمر الصخور من فوقه أقل من هذا ٠

ربما تطلبت كلمة « الصلصال » بعضا من التوضيح ٠ فهى بالنسبة للجيولوجى لا تعنى أكثر من تربة مكونة من جسيمات قطـــرها أقل من ٠٠٤ر٠ من المليمتر ، أى نحو نصف عرض كرية الدم الحمراء ٠ واذا ما كان الصلصال يعين الحد الأدنى لحجم جسيمات التربة فان الرمـل يعين الحد الأعلى ، فقطره يتراوح ما بين ٠٥ر٠ من المليمتر (الرمـل الناعم) و ٠٠ر٢ ملليمتر ٠ وبذا فان الصلصال أو الرمل لا يقـــولان شيئا بالمرة ـ حسنا ، شيئا ذا وزن ـ عن كيمياء المادة التى تكونهما ٠ وكل مادة أرضية معدنية تعنى عند الجيولوجى « صخورا » ، وبذا فليس هناك أى تعارض اذا استخدمنا كلمة « صخور » بدلا من « صـــلصال » أو « رمل » ٠

كان العلماء يفحصون هذا الصلصال بجوبيو ٠ ووجدوا أنه يحتوى على كميات عالية نسبيا من عنصرى الايريديوم والأوسميوم ٠

والايريديوم والأوسميوم معدنان ثمينان ، وهما ثمينان لأنهما نادرا الوجود ٠ وهما ينتميان الى مجموعة المعادن البلاتينية (لأن أشـــهر معادن المجموعة هو البلاتين) ٠ وبجانب ارتباطهما بالمجموعة البلاتينانية فهما أيضا معدنان نبيـــلان ، بسبب عزوفهما عن التلوث بالدخول فى التفـــاعلات الكيمـــاوية ٠ والمعـــادن النبيـــلة تمـــر بنجـــاح فى اختبار الحامض ، وهذا يعنى أن الأحماض البسيطة لا تؤثر فيها ، وانما يذيبها الماء الملكى ـ وان لم يكن ذلك بسهولة فى حالة الايريديوم والأوسميوم ـ والماء الملكى هـــو مزيج من حامض النيتريك وحـامض الهيدروكلوريك ٠ والمعـــادن النبيلة الأخرى تضـــم الذهب والبلاتين والبلاديوم ٠ ولأنها معادن نبيلة فهى توجد عادة فى صورة معدن نقى (لولا صعوبة العثـور عليها) ٠

اهتم العلماء فى جوبيو أساسا بالايريدوم والأوسميوم ، ولم تثرهم بقية المعادن النبيلة الا فيما بعد ٠

والايريديوم معدن ثقيل جدا ، والحقيقة أن الايريديوم والأوسميوم هما الأكثف من بين العناصر الأرضية كلها ٠ اكتشف الايريديوم عـــام ١٨٠٣ كيماوى انجليزى اسمه سميتسون تينانت وأطلق عليه الاســـم الاغريقى لـ « قوس قزح » ٠ ويبلغ الوزن النوعى لهذا العنصر ٣٦ر٢٢ جم للسنتيمتر المكعب على درجة حرارة ٢٠ مئوية ، وعدده الذرى ٧٧ ووزنه الذرى ٢٢ر١٩٢ وينصهر على درجة حرارة أعلى من ٢٤٠٠ درجة مئوية ويغلى على درجـــة ٤١٠٠° م ، وهـــو يستخدم كسبيكة مـــع البلاتين فى صناعة الحلى ، وفى بعض الأطراف الكهربائية حيث تفيد مقاومته لدرجات الحرارة العالية التى قد تتولد عن الشرر الكهربى ، وفى بعض الأدوات الجراحية ، وفى أطراف ريشة أقلام الحبر ٠ وهو يكون أيضا جزءا من المعدن الذى يصنع منه النموذج الأصلى للمتر والكيلوجرام الدولى (١٠٪ من الايريديوم فى سبيكة مع ٩٠٪ بلاتين) ٠

يوجد عنصر الأوسميوم فى المعدن المسمى اوسميريديوم ، ويوجد فى معظم ركاز البلاتين ٠ كان تينانت هو أول من فصل هذا العنصر ، وقد أعطاه اسمه عام ١٨٠٣ ، وهو مأخوذ عن الكلمة الاغريقية التى تعنى « رائحة » ، لأن أحد مركباته كريه الرائحة ، كالكلور ، وهو ايضا سام كهذا الغاز ٠ والأوسميوم ــ كمعدن ــ صلب هش لونه رمادى فضى يكاد يستحيل تشغيله ، ووزنه النوعى ٥٩ر٢٢ وعدده الذرى ٧٦ ووزنه الذرى ٢ر١٩٠ ، وينصهر على ٣٠٠٠ درجة مئوية ، ويغلى على ٥٣٠٠ م° وهو يستعمل كالايريديوم فى تقوية أطراف ريشة اقلام الحبر كما يستخدم فى صبغ الليبيدات (الدهون) فى المواد الحيوية لدراستها تحت الميكروسكوب الضوئى أو الالكترونى ٠

هذان المعدنان اذن كثيفان جدا ، ثقيلان جدا ، نادران جدا على سطح الأرض ٠ ثمة مواقع أخرى بالنظام الشمسى يظهر فيها هذان المعدنان بشكل أقل ندرة مما هما عليه على سطح كوكبنا ، وان كانا ابدا غير شائعين فى أى مكان بهذا النظـــام ٠

ان المادتين الأساسيتين فى بناء هذا الكون هما الأيدروجين ــ أخف العناصر ــ والهليوم ، العنصر التالى له فى الوزن ٠ أما العناصر الأثقل فتنشأ فقط تحت الظروف السائدة فى جوف النجوم ، حيث توفر الأفران الحرارية النووية حرارة هائلة فهى ــ بالمعنى الحرفى ــ نواتج ثانوية لتفاعلات الاندماج النووى ، اذ تندمج نوايا الأيدروجين لتكون الهيلوم،

ثم تندمج نوايا الأيدروجين والهليوم لتكون نوايا اثقل ، وتندمج هذه مرة أخرى لتكون نوايا العناصر الأثقل ، ويستمر هذا النشاط حتى يتكون الحديد وتنتهى العملية عند هذا الحد فى نجوم كالشمس ، اذ لا يمكن ان تتشكل العناصر الأثقل من الحديد الا فى أكثر الأفران النجمية حرارة، فتكوين الايريديوم والأوسميوم يتطلب حرارة تفوق ما وصلته الحرارة خلال المرحلة العظمى من تاريخ حياة النجم النموذجى ٠ هما اذن يتطلبان انجما هائلة الوزن ، استنفذت كل ذخيرتها من الأيدروجين والهليـــوم وابتدأت تحرق عناصر « مستحيلة » كالكربون والنيون ، اذ هنا تبـدأ تفاعلات الدمج ، وهذه تفاعلات بطبيعتها غير مستقرة ٠ فاذا ما كانت كتلة النجم أعلى من حد معين ، انفجر النجم ليكون نمطا ـ من نمطين ـ من السوبرنوفا ٠ فالايريديوم والأوسميوم وكل العناصر الثقيلة جدا قد صنعت مع ـ أو اثناء ـ حدوث واقعة سوبرنوفا قصيرة مذهلة ساخنة للغــــاية ٠

وبعد أن ينفجر النجم بهذه الطريقة يتقلص مركزه ويدخل فى مرحلة الشيخوخة ليكون نجما نيوترونيا أو ثقبا أسود (حسب كتلته) ٠ أمـــا المادة التى يطرحها عنه اثناء الانفجار فانها لا تعود اليه وانما تنتشر بسرعة فى الفضاء ، فى صورة سحابة من جسيمات متباينة الأحجام ، ساخنة ٠ وسيوجد بالفضاء ايضا سحابات باردة من غبار وجسيمات ٠ ومجرة برج السرطان تمثل واحدة من هذه السحابات ٠ فاذا حـــدث وتفاعلت سحابة سوبرنوفا ساخنة مع سحابة باردة أكثف منها ، فان موجات الاصطدام التى تنتج عن مثل هذا التفاعل ستتسبب فى تكثف كلتا السحابتين لتكون نجما جديدا ، قد يكون له كواكب مكونة جـزئيا من المادة الخام الناتجة عن انفجار السوبرنوفا ٠

يتركب نظامنا الشمسى جزئيا من مثل هـــذه السحابة المختلطة ٠ فالكثير من ذرات الأرض قد نشأ فى هذه المحرقة النووية الأولية ، ولما كان لحمنا يضم نفس هذه الذرات ، فان أجسامنا تتكون جزئيا من الغبار الذرى المتساقط !

وفى اثناء تكثف الشمس وكواكبها ، تقاربت بالجاذبية جســـيمات السحابة حتى وصلت الى مرحلة توزعت فيها بانتظام العناصر التى تكون نظامنا الشمسى ٠ وبتقدم التكثف صنفت هذه العناصر ، فتحركت الخفيفة منها الى الكواكب الخارجية ، اما الكواكب الداخلية فقد سخنت بشدة، مما تسبب فى ضياع العناصر الخفيفة منها فى الفضاء ، وبقاء العناصر الأثقل لتندمج حول مركز من المعادن الثقيلة المنصــــهرة ٠ يتكون قلب

الأرض المركزى أساسا من الحديد والنيكل المنصهرين ، أما المعادن الثقيلة الأخرى ، ومنها الايريديوم والأوسميوم – وهى معادن لها الفة بالحديد – فقد امتصت داخل مركز الأرض اثناء تكون كوكبنا هذا الصلب ٠

فاذا بدا هذا معقولا ، فسيستتبعه طبيعيا السؤال عن السبب فى بقاء بعض الايريديوم والأوسميوم على السطح ٠ الحقيقة انه حيثما وجدنا على السطح معادن كالايريديوم أو الأوسميوم – أو قرب السطح فى الصخور التى كانت توجد يوما على السطح – فاننا نعتقد انها قد وصلت من الفضاء الخارجى ٠ ولكن ، لماذا يبدو انها توجد فى مناطق اخرى من النظام الشمسى بمقادير اكبر منها على الأرض ؟ الواقع ان هذا ليس صحيحا ٠ عندما تكثفت السحابة الأصلية ، فانها لم تستخدم باكملها فى تكوين ما أصبح الآن الشمس والكواكب ، وانما بقى منها بعض الغبار، يشكل الآن حزام الكويكبات ٠ ويعتقد معظم علماء الفلك أن مد الجاذبية الذى سببته كتلة كوكب المشترى قد منع تكوين كوكب من هذا الغبار ٠ ربما لم يكن هناك من المادة ما يكفى لتكوين كوكب ذى حجم معقول ، لكن الحطام الذى لم يتمكن من الاندماج فى صورة كوكب ما يزال الى الآن اما فى صورة غبار – بعضه موزع خلال النظام – أو فى صورة الكويكبات نفسها ٠

من المعتقد أن الكويكبات هى على الأغلب مصدر النيازك – وان كان هناك من العلماء من يرفضون هذا ، ويمكن تقسيم النيازك الى صنفين أساسيين : النيازك المكونة اساسا من الصخور – أو النيازك « الحجرية » – وهذه تتالف من المادة الأولية التى صنع منها النظام الشمسى ٠ ثم هناك النيازك المعدنية – أو النيازك « الحديدية » – وهذه قد تكون قد سخنت بقوة فى مرحلة من تاريخها ، أو قد تمثل قلب أجرام كانت يوما اكبر حجما بكثير ثم فقدت قشرتها الحجرية الخارجية ، ربما بسبب اصطدامها بنيازك أخرى ٠ وتحتوى هذه النيازك الحديدية عادة على معادن نبيلة بتركيزات اكبر بكثير مما يوجد فى النيازك الحجرية أو فى الصخور على سطح الأرض ٠

اذا ما كانت العناصر موزعة بالتساوى على السحابة الأصلية كلها ، فاننا نتوقع أن يوجد كل عنصر بنفس القدر فى أى موقع بالسحابة، على الأقل فى العمق الداخلى للنظام الشمسى ٠ ولما كانت العناصر الثقيلة ستحجز فى لب الكواكب ، فستغدو صخور القشرة وقد استنزفت من هذه العناصر ٠ ومثل هذا الاستنزاف لن يحدث فى الجزء من مادة السحابة

الذى لم يكون نجما او كوكبا ، اما لأنه بلا لب ، واما لأنه مجـرد لب ، وعلى هذا فان تركيب المادة التى تصل الى الأرض من الفضاء سيشـبه على الأغلب تركيب السحابة الأصلية ، فاذا ما سقطت على سطح الأرض فستزوده بالعناصر النادرة التى حبست داخل لب الكوكب · تلزمنا هذه المعلومات الأساسية لتفهم اهمية الدليل الذى عثر عليه العلمـــاء فى جوبيـــو ·

قاد فريق المخبرين فى جوبيو والتر الفارس أستاذ علم الجيولوجيا ـ جامعة كاليفورنيا ببيركلى ، وضم الفريق والده لويس و· الفارس من معمل لورنس للاشعاع ببيركلى بجانب اثنين من الكيماويين النـــوويين من نفس المعمل هما فرانك أسارو وهيلين ف· ميشيل · ولقد حصل لويس الفارس على جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٦٨ عن ابحاثه فى الجسيمات الأولية التى شملت اكتشاف طبقات الرنين · كان الفريق ـ ببساطة ـ فريقا مؤهلا تماما ·

ساعدهم استخدام تقنية تحليلية جديدة جدا ، هى التحليل بالتنشيط لكن طريقة عمل هذه التقنية لا تهم قصتنا بقدر ما يهمنا انها مكنتهم من اجراء قياسات دقيقة جداً لتركيزات العناصر الموجودة بمقادير ضـــئيلة للغاية · وهذه المشـكلة قد لا تظهـــر من أول وهلة ، بسبب ما يعنيـه الجيوكيماويون عندما يتحدثون عن « ندرة » عنصر ما ·

فالجرانيت العادى ، على سبيل المثال يحتوى فى كل مليون جـزء على ٠٠٠١ر٠ جزء من الأوسميوم و ٠٠٦ر٠ جزء من الايريديوم ، ومعنى ذلك اننا نحتاج كى نجمع جراما واحدا من الأوسميوم أن نعالج عشرة آلاف طن من الصخور ، ونحتاج ستة آلاف طن من الصخر لاستخلاص جـرام من الايريديوم · صحيح أن الجرانيت ليس من بين الصخور الأفضـل ، الا أن تركيز هذين العنصرين فى قشرة الأرض يبلغ نحو ٠٠٥ر٠ جزء فى المليون للأوسميوم و ٠٠١ر٠ جزء فى المليون للايريديوم · وعلى هذا فان القياس الدقيق لتركيز مثل هذين العنصرين كان صعبا للغاية وغير حاسم قبل أن تكتشف تقنية التحليل بالتنشيط · من ناحية اخرى سنجد أن تركيز هذين العنصرين فى النظام الشمسى ككل يبلغ عشرة آلاف ضعف التركيز على سطح الأرض · وحيثما امكن تحليل عينات من المادة الخام الأصلية للنظام الشمسى ـ من الغبار او النيازك مثلا ـ ظهـــر أن تركيز هـــذين العنصرين اكبر بمراحل من تركيزهما على سطح الأرض · ابتدأ فـريق جوبيـو التحليل بعنصر الايريديوم لأنه أسهل فى التحديد والقياس مقارنة بمعظم العناصر الأخرى بالمجموعة البلاتينية ·

اخذت العينات الأولى من صلصال جوبيو ، وأرسلت الى معمـــل لورنس للاشعاع فى بيركلى لاجراء التحليل ٠ ولقد بين التحليل أن هذا الصلصال يحتوى من الايريديوم على ٣٠ ضعف ما هو موجود بالطبقات الموجودة مباشرة تحت أو فوق مستوى الخمسة وستين مليون عاما ٠

وهنا ثار السؤال : هل هذه الزيادة مجرد واقعة محلية بحتة ؟ أم يا ترى سنجد نفس الزيادة على نفس هذا المستوى فى مواقع أخرى ؟ تطلب الأمر أخذ عينات من صلصال تخوم العصر الطباشيرى من مواقع أخـرى ، فتـوجه العلمـاء فى أول الأمر الى موقـع يبعـد ٥٠ كيلو متـرا جنوبى كوبنهاجن ، ثم الى الجزيرة الشمالية فى نيوزيلنده على الناحية الأخرى من العالم ٠

اخذت العينات الدانيمـــركية من موقـــع قرب كنيسة هويروب فى سنيفنزكلينت حيث يوجد « الصلصال السمكى » المعروف (وقد سمى هكذا لكثرة بقايا الأسماك المتحفرة فيه) الذى نشأ على أغلب الظن فى حوض مغلق يحوى ماء راكدا ـ ولقد توصلنا الى الظروف التى تكون فيها هذا الصلصال من تركيبه الكيماوى ٠ كان لصــــلصال التخوم فى المواقع الأخرى تركيب مشابه ، وغدا من الصعب تفهم كيف يكون له نفس التركيب وقد تكون تحت المحيط العميق ٠ وأوضح تحليل الصلصـــال السمكى وجود الايريديوم بتركيزات بلغت نحـــو ١٦٠ ضعف متوســط تركيزها فى قشرة الأرض ٠ ثم جاءت عينات نيوزيلنده ، وكانت قد جمعت من موقع قرب خليج وودسايد ، نحو ٤٠ كيلو مترا شمال شرقى ويلنجتون ٠٠ ولقد اتضح انها تحوى من الايريديوم على عشرين ضعف الموجــود بالصخور فوقها والصخور تحتها ٠ وبرغم أن عينات الدانيمرك ونيوزيلنده كانت تختلف عن عينات جوبيو ، الا أنها عززت حقيقة أن ارتفاع تركيز الايريديوم لم يكن ظاهرة خاصة بصلصال ايطاليا ٠ ان الصلصال فى الطبقة التى يبلغ عمرها ٦٥ مليون سنة يحوى كميات أكبر غير عادية من الايريديوم مقارنة بالمناطق الأخرى من العالم ٠

بعد أن حددت التحاليل الكيماوية تركيزات الايريديوم فى صلصال مناطق حدود العصر الطباشيرى ، ابتدأوا فى فحص تركيزات عناصر أخرى : ٢٧ عنصرا فى العينــــات الايطـــالية و ٣٣ عنصرا فى العينات النيوزيلندية ٠ واتضح أنها ليست غنية بشكل واضح بالايريديوم وحده، انما هى غنية أيضا بمعظم المعادن الأخرى ٠ بدت كيمياء منحرفة تلك الخاصة بهذا الصلصال ـ المأخوذ من مواقع متباعدة جدا ٠

نشر والتر الفارس نتائجه مختصرة سنة ١٩٧٩ ، ثم أعاد نشرها سنة ١٩٨٠ فى مجلة « ساينس » الأمريكية · ومباشرة أثارت فى المجتمع العلمى زوبعة من الاهتمام تحدث دائما عقب ظهور كل فكرة جديدة معقولة مثيرة · ابتدأ العلماء يحققون نتائج الفارس ، واذا بكل نتائجهم تقـــدم دعما اضافيا من التحليلات ، التى تمت فى مواقع جديدة عديدة ·

وطدت اذن تماما حقيقة وجود طبقة من هذا الصلصال الغنى تحـــد التخوم ما بين العصر الطباشيرى والحقب الثالث · لقد أمكن تمييزها فعلا فى زومايا بشمال اسبانيا ، وفى منطقة الكف بشمال تونس ، وفى مواقع بحرية عديدة امكن فيها الحصول على لب من المادة بالأعمـــاق تحت قاع المحيط الهادى ، وذلك عن طريق فريق من الباحثين على ظهر باخرة البحوث الأمريكية « جلومر تشالنج » اثناء تنفيذ المشروع الدولى للحفر بأعماق المحيط (القائمة ٦٢ ، الحفرة ٤٦٥ أ ، كما عثر باحثـــون اخرى على نتائج مشابهة بالمحيط الهادى) ، ثم أيضا ــ وبتفاصيل واسعة للغاية ــ فى كارافاكا بجنوب اسبانيا · كان اخطر البراهين يكمن فى حقيقة امكان رؤية التخوم بوضوح بالغ فى مناطق كثيرة جدا · وسنعود لهذا فيما بعد بالفصل السادس ·

قام ر· جاناباثى ــ من معمل بحـــوث شركة بيكر للكيماويات فى فيلبسبيرج ، نيوجيرسى ــ قام بزيارة لمنطقة الصلصال السمكى بالدانيمرك وأخذ عينتين ، وحلل محتوياتهما من المعادن النبيلة ، وقارن أرقامه بتلك التى نتجت عن تحليل صلصال قاع البحر ، والبازلت المأخوذ من نهر كولومبيا · وأوضحت نتائجه التى نشرها فى مجلة « ســـاينس » (فى أغسطس ١٩٨٠) أن « كل هذه العناصر موجودة فى صلصال التخـــوم بتركيزات أعلى كثيـــرا من تلك الموجــــودة عادة فى المواد الأرضـــية كالبازلت الأرضى ــ وفى البازلت البحرى وصلصال المحيطات » · والحق أنه وجد أن تركيز « الايريديوم يبلغ ٦٩ جزءا لكل بليون جزء من المواد الأخرى ، كما أن الايريديوم والأوســـميوم والبلاديوم كانت لها جميعا تركيزات تفوق ثلاثة اضعاف تركيزها العادى ·

رجع ج · سميث (من امستردام) و ج · هيـــرتوجن (من لوفان ببلجيكا) رجعا الى صلصال كارافاكا ليفحصا التفاصيل الدقيقة لتركيبه الكيماوى· اخذا مائة عينة وفحصا عددا من العناصر بلغ سبعة وعشرين· كانت العينات مأخوذة من على مستويات مختلفة ، وبذا تمكنا من ربط نتائجهما فى صورة تسلسل فى الصلصال نفسه · وكان ما اكتشفاه هو أن كل هذه العناصر توجد ــ فى معظم سمك الطبقة التى فحصاها ــ

بالتركيزات التى يمكن توقعهـــا ، كانت موجـــودة بالتركيزات الأرضية النموذجية الطبيعية · ثم ، وفى السنتيمترات الأخيرة ـ وجدا أن كمية الايريديوم تبلغ ٤٥٠ ضعفا لمتوسطها فى قشرة الأرض ، وكان تركيز الأوسميوم ٢٥٠ ضعفا ، والزرنيخ ١١٠ ضعفا · وكان تركيز الكروم تسعة أضعاف التركيز العادى ، وتركيز الكوبالت ٣٠ ضعفا ، والنيكل ٤٤ ضعفا ، والسيلينيوم ٤٠ ضعفا والقصدير ٢٠ ضعفا · ثم ذكرا أن هذه الطبقة بالتحديد كانت تتميز بانخفاض كبير فى عدد الأحافير · ولقد نشر سميث وهيرتوجن نتائجهما فى مجلة « نيتشر » البريطانية ·

وفى عام ١٩٨٠ نشرت بمجلة « نيتشر » نتائج مماثلة لبحث قـام به فرانك ت · كايت ، زيمنج زو ، وجون ت · واســون ـ وهم جميعـا من معهد الجيوفيزيقا وفيزيقا الكواكب التابع لجامعة كاليفورنيا بلوس انجيلوس · وتماما مثل سميث وهيرتوجين كانت أبحاث الفارس القديمة قد أثارتهم ودفعتهم الى فحص الصلصال بانفسهم ـ ولقـــد استخدموا صلصالا من موقعين : أخذوا ٢٣ عينة من الدانيمرك ، مستخدمين مرة أخرى الصلصال السمكى من ستيفنز كلينت ، وثلاث عينات من أعماق المحيط الهادى ـ من الحفرة ٤٦٥ أ ، بمركز المحيط ، تقريبا فى منتصف المسافة ما بين يوكوهاما وسان فرانسيسكو ·

ومرة أخرى اذا بنتائجهم تعضد نتائج المواقع الأخرى · وبالرغم من أن عينات لب أعماق المحيط كانت تحوى من الايريديوم نسبة أقل من مثيلتها فى العينات الأرضية ، الا أن هذا التركيز تزايد بشكل مفاجىء حاد ، من أقل من ٧ر٠ جزءا فى البليون فى أحد المستويات ، الى ٩ر١٢ جزءا فى مستوى آخر ، ثم الى ٦ر١٥ جزءا فى مستوى ثالث ·

يمكننا الآن أن نقارن تركيزات الايريديوم والأوسميوم (كأجـــزاء فى البليون) فى الصخور الطباشيرية الطبيعية العليــا ، وفى صلصال ستيفنز كلينت (فريق كايت) وفى صلصـــال كارافاكا (فريق سميث وهيرتوجين) :

	الطباشيرية الحديثة	ستيفنزكلينت	كارافاكا
ايريديوم	١٣ر٠	٧ر٣٥	٥ر٢٥
أوســميوم	٠٨ر٠	٨ر٤٣	١ر١٦

ولقـــد أعطت تركيزات الكثيـــر من العنـــاصر الأخرى نفس هذه الصـــورة ·

يشير الجدول السابق فورا الى أن الصلصال الدانيمركى يحوى من الايريديوم أكثر مما يحويه الموقعان الآخران ، وفى هذا شذوذ يبدو أنه يحتاج الى تفسير ، أليس كذلك ؟ فلنتصور أولا غبارا يتساقط على سطح ماء ساكن • هنا سيندفع الغبار خلال الماء الى أسفل ليشكل نسبة معينة من رواسب القاع • تصور الآن وضعا يتساقط فيه الغبار على سطح ماء مفتوح به تيارات • هنا ستتحرك الرواسب بما تحمله من غبار من مكان الى آخر ، فيصبح تركيز الغبار فى منطقة أكبر منه فى منطقة أخرى • هل يمكننا بهذا أن نفسر الشذوذ الواضح بين تركيز المعادن فى الصلصال السمكى بالدانيمرك وتركيزها فى المناطق الأخرى ؟ سنعود الى فحص هذه المشكلة بتفاصيل أوسع فى فصل تال •

ابتدأ فريق الفارس بحثه الأصلى لاختبار ما اذا كان الصلصال الذى يحد التخوم بين العصر الطباشيرى والعصر الثالث ، يمكن أن يميز كيماويا • ومضى هذا الفريق ومن لف لفه كى يكتشفوا ليس فقط صحة هذا ، وانما أيضا أنه من الممكن أن تحدد هذه التخوم بوضوح فى أماكن كثيرة من العالم فى نصفى الكرة الأرضية • وهذا شىء غير طبيعى • ذلك أن الأرض لا تهدأ أبدا • فطبقات الصخور تتشوه باستمرار ، وتلتوى وتسخن ، وتبرد ، كما تتبدد مكونات معظم الطبقات فى المواد المحيطة • والمواد الرسوبية ــ أثناء رسوبها الى قاع البحر ــ قد يحركها ويخلطها عدد من الميكانيزمات لتمتزج بالرسوبيات من تحتها ، وتتداخل الطبقات مع بعضها البعض بدلا من أن تظل منفصلة مميزة ، وهى تظل منفصلة مميزة اذا ما توقف الترسيب فترة تنضغط فيها المادة ، قبل أن يبتدىء الترسيب مرة ثانية ، فيستحيل أن يختلط ما أصبح الآن صخرا لينا بما يجد من رواسب • لكن تركيز المعادن النبيلة فى صلصال التخوم محدد بدقة بالغة • فهذه المعادن تتركز فى شريط يمكن تحديد سمكه ، يكون لتركيب المواد فوقه أو تحته بسنتيمتر واحد ، متوسط نسبة هذه العناصر فى قشرة الأرض ، بينما يزداد تركيز هذه العناصر بشكل واضح تماما داخل الشريط • انك لا تستطيع أن ترى الخط الكيماوى فى هذا الصلصال الرمادى بعينك المجردة ، لكنه ــ رغم ذلك ــ موجود •

هناك عمليات طبيعية أرضية تتسبب فى تركيز عناصر معينة • ثمة عملية معروفة ــ بيولوجية جزئيا ــ ربما كانت المصدر الرئيسى لكثير من الركاز المعدنى • اذ تتحرك المركبات المعدنية الذائبة خلال الماء الأرضى حتى تصل الى قاع مستنقعات الماء الراكد • تتكون الرواسب تحت هذا الماء من طين تتحلل فيه البقايا العضوية تحليلا ميكروبيولوجيا لا هوائيا ــ تنتج عنه غازات كالميثان وكبريتيد الأيدروجين • وتعمل هذه الغازات على

الطين لتفصل المركبات المعدنية غير الذائبة ، فتترسب وتتركز فى الرواسب لتتحول فى نهاية الأمر الى ركاز ٠

وهناك عمليات بيولوجية بالكامل ، تستخلص فيها الكائنات الدقيقة غذاءها من مادة تحتوى على مركبات معدنية ، فتتركز المعادن بهـــذه الطريقة ٠ كما يجوز أن يكون الركاز المعدنى أكثر صلابة من الصخر المحيط به ، فاذا ما وجد مثل هذا الصخر على سطح الأرض ، فقد تبدده عمليات التجوية تاركة الركاز خلفها ، وعندئذ فمن الجائز جدا أن نجد فى عينات صخر السطح نسبة عالية من معدن نادر الوجـــود على السطح ركزت بهذه العملية الطبيعية ٠ وليس هذا أمرا ممكنا فحسب ، فلقــد حدث بالفعل ، فالمعروف أن المعادن الثقيلة قد ركزت بهذه الطريقة ٠ ولقد وجه جاناباثى الاهتمام الى المناجم الكندية حيث يســـتخرج الروثينيوم والأوسميوم والايريديوم والبالاديوم والذهب من ركاز أصله أرضى تماما (وجاناباثى هو من قام بتحليل الصلصال الكندى وصلصال نهر كولومبيا) وهذه المعادن توجد أحيانا فى ركاز نحاسى نيكلى ، وفى ركاز من كبريتات الموليبدينيوم ، اذ يسمح تشكيلها الذرى بأن تستقر فى الشبكة البللورية للصخر ٠ وحيثما يحدث هذا يكون التركيز العالى محليا فقط ، وهكذا بالطبع تكون أيضا نتيجة العمليات الحيوية ٠

من المستبعد أن تكون زيادة تركيز هذه العناصر فى صلصال التخوم مجرد ظاهرة محلية ، فلو كان الأمر كذلك ، لكان توافقا أكثر من اللازم، اذ علينا أن نقول ان نفس العملية المحلية الأرضية للتركيز قد جرت فى نفس الوقت تقريبا فى كل هذه المواقع المختلفة ٠ أضف الى ذلك أن تركيز المعادن النبيلة عن طريق عمليـــــات أرضية لا بيولوجية انما يكون اذا ما وجدت داخل الشبكات البللورية لصخور بعينها لها تركيب كيماوى معين ، ومعنى هذا أن المعادن النبيلة لابد أن تصطحب عناصر أخرى ، ومن الممكن ان نتنبأ بهذه العناصر وكذا بالنسب التى ستوجد بها ٠ ولقد كانت هذه النسب فى صلصال التخوم خاطئة تماما ٠

علينا اذن أن نقرر أن التركيز العالى للايريديوم فى طبقة التخـــوم لا يرجع الى العمليات الأرضية التى نعرفها ٠ اقترح فريق الفارس أن الايريديوم لابد وأن قد وصل من الفضاء لأن درجة انتشاره بالعـــالم يقول بأنه من المستبعد جدا أن يأتى بسبب عملية التركيز المحلى ٠ ولقد أشار الفريق الى وصول جسم من الفضاء مرة كل مائة مليون سنة يمكنه أن يوفر الكمية المطلوبة من المعادن النبيلة (نقصد من مكان ما خارج الغلاف الجوى للأرض) ٠ ولقد اتخذ سميت وهيرتوجين وجهة نظـــر

مماثلة ، يعضدان بها المصدر الفضائى ، لأن المصادر الأرضية تبدو غير كافية لتبـــرير التركيزات العالية من الايريديوم والأوســـميوم · أما جاناباثى فقد شدته نسب العناصر التى وجدها فى الصلصال الذى فحصه، ووجد بها السبب الوجيه للفرض بأنهـا تحـــوى مادة غير أرضية · أما فريق كايت فقد كان أكثر حذرا ، لكنه تبنى فى النهاية فكرة المصـــدر اللا أرضى ·

اذا كانت هذه المعادن قد وصلت حقا من الفضاء ، ففى أى شـــكل وصلت ؟ ثمة احتمالات أربعة : سحابة غبار ، أو سحابة من المادة ناتجة عن انفجار سوبرنوفا ، أو مذنب ، أو نيزك · من المهم أن نحدد ما اذا كانت المادة قد وصلت فى صورة ناعمة مشتتة فسقطت كما يسقط الغبار، أم وصلت فى صورة كتلة ــ أو كتل ــ كبيرة ·

رأى جاناباثى أنه يستطيع بالأوسميوم أن يختبر أصل السوبرنوفا· فالأوسميوم يوجد فى شكلين من النظائر يهماننا فى هذه القصة : أوسميوم ١٨٤ وأوسميوم ١٩٠ (توجد ذرات الكثير من العناصر فى أشكال عدة ، لكل منها وزن مختلف ، ولأن الخصائص الكيماوية لهذه الذرات متشابهة جدا ، فهى تعتبر عنصرا واحدا ، وان كانت تختلف اختلافا طفيفا · وكل « نوع » من أنواع العنصر يسمى « نظيرا » ، وتتخذ نظــائر أى عنصر توزيعا ثابتا · فالقصدير على سبيل المثال له عشرة نظائر : دائما نفس النظائر العشرة ودائما بنفس النسب) · يقول جاناباثى ان النسبة بين نظيرى الأوسميوم ثابتة فى العينات الأرضية وفى عينات النيازك · ولكنه يقول ان هذه النسبة قد تختلف فى السوبرنوفات المختلفة ــ تذكر أن كل الأوسميوم يصنع فى السوبرنوفات · وفى رأيه أننا سنجد نسبة واحــدة فى النظام الشمسى لأن المادة التى يتركب منها هذا النظام قد نشأت عن سوبرنوفا واحدة · ثم يمضى ليقول انه اذا كان الأوسميوم بالصلصال الذى فحص قد أتى عن سوبرنوفا أخــــرى ، فسيكون من قبيل التوافق العجيب أن تتكرر فيه نفس النسبة التى حدثت فى الانفجار الأقدم · قـام جاناباثى بقياس نظيرى الأوسميوم فى صلصال الدانيمرك وصلصال نهر كولومبيا ووجد أن النظيرين موجودان بالنســـبة النموذجية لأوسميوم الأرض والنيازك · من هنا يمكننا أن نرفض فكرة اختلاف السوبرنوفا ، وبالتالى نرفض وجود مصدر من خارج النظام الشمسى · استنبط جاناباثى اذن أن هذه المادة قد أتت من مكان ما داخل النظام الشمسى ·

علينا أن نؤكد الآن أن وجهة النظر هذه بالنسبة لسبب توزيع النظائر هى فكرة الدكتور جاناباثى · قد يكون على حق ، لكن ثمة وجهـة نظـر أخرى معقولة سنعرضها فيما بعد ·

من الممكن أن تحتوى السحابة من غبار ما بين النجوم على الكميات المطلوبة من الايريديوم والأوسميوم ـ كما قد يحدث مرة في كل مائة مليون سنة أن يتعرض النظام الشمسى الى مثل هذه السحابة أثناء مروره خلال أحد أذرع المجرة ٠ أما كمية المادة التى تدخل الغـــــلاف الجوى للارض وتسقط على سطحها فستتوقف على كثافة السحابة ، وعلى سرعتها ، وعلى طول الفترة التى استغرقتها الأرض للمرور خلالها ـ وهذا بدوره يتوقف على حجم السحابة كما يتوقف على اتجاه حركتها بالنسبة لمدار الأرض ٠ قدر كايت وزملاؤه حجم السحابة اللازم لتوفير ما يعتقد بوجوده من المادة، واتضح أن الأمر يتطلب ســـحابة كثـافتها ١٠٠٠٠٠ ذرة هيـــدروجين بالسنتيمتر المكعب (هذا لا يعنى بالطبع أن السحابة مكونة بالكامل من الهيدروجين ، ولكن هذه هى الطريقة الملائمة لقياس الكثافة) ، وقطرها يبلغ نحو ٨٦٠٠٠٠ بليون كيلو مترا (أى ٥٧٠٠٠٠٠ وحدة فلكية أو ٢٨ فرسخا نجميا) ٠ وهذا يعادل عشرة أضعاف أكبر وأكثف الســـحابات الموجودة جوارنا بالمجرة ٠ بل لقد وجد كايت ـ بالنظر الى أن الايريدويوم مركز فى مثل هذا الشريط الضيق من صلصال كارافاكا ـ أن الأمر يتطلب اما أن يأتى هذا المعدن عن جزء من السحابة أكثف عشر مرات من الرقم السابق ، أو أن يكون معدل الترسيب فى البحر فى ذلك الوقت أقل من أدنى معدل للترسيب لـلحظه اليوم ، هذا والا توزع الايريديوم فى قدر أكبر من الرواسب وأصبح الشريط اسمك مما هو عليه ٠ وعلى ذلك ، فثمـــة صعوبات كثيرة تواجه الافتراض بأن الايريديوم والأوسميوم قد وصلا هنا من « سحابة ـ بين ـ نجمية » ٠

بقى لدينا المذنب والنيزك ٠ يقف فى صف فكرة المذنب العـــــالم كينيث ج ٠ هسو ، من المعهد الجيولوجى السويسرى بزيوريخ (مجـــلة نيتشر سنة ١٩٨٠) ٠ الواقعة فى هذه الحالة ستشبه الانفجار الذى حدث فى حوض طنجسكا بسيبيريا فى ٣٠ يونيو سنة ١٩٠٨ ٠ ربما كان سبب ذلك الانفجار مذنبا صغيرا انفجر وتبعثر فى الهواء ، وبدلا من أن تنتج عنه حفرة كبيرة واحدة ، فقد نتج عدد من الحفر الصغيرة (قطـرها من ٥٠ ـ ٢٠٠ بوصة) ٠ اقترح هسو أن المذنب الذى اخترق الغلاف الجوى منذ ٦٥ مليون سنة كان فى حجم مذنب هالى ، وكانت كتلته نحو ألف بليون طن ٠ وهو يقول انه دخل بطاقة سخنت الغلاف الجوى ليسقط فى البحر فيسخنه هو الآخر ٠ اننا لا نعرف الكثير عن التركيب الكيماوى للمذنبات ، لكن هسو قد اقترح أثرا كيماويا وأثرا فيزيقيا ٠ فمن الجائز أن يقوم المذنب باضافة كميات كبيرة من السيانيدات (اكتشف وجـــود الهيدروجين وميثايل سيانيد فى ذيل المذنب كوهوتيك) يمكنها أن تســـمم الكثير من الكائنات الحية ٠ غير انه من المشكوك فيه حقا ـ كما أشار كايت

فيما بعد ـ أن تصمد السيانيدات بحالتها خلال مرورها فى الغلاف الجوى، اذ المفروض أن تتأكسد وتصبح غير سامة تحت درجات الحرارة العالية التى لا شك وقد ولدها المذنب • وهى ان سقطت على البحر تحللت بسرعة، ولم تكن لتنتشر بعيدا عن اماكن سقوطها • كما أن الحقيقة هى أن مركبات السيانيد ليست سامة للدرجة التى تفترض عادة ، وبالرغم من الحكايا التى يبتكرها مؤلفو القصص البوليسية ، فاذا قارناها مثلا بالكثير من الكيماويات الزراعية المعروفة ، فسنجد اننا نحتاج الى جرعات كبيرة حقا لكى نقضى على معظم الكائنات الحية • وعلى هذا يصبح من المشكوك فيه أن تكون السيانيدات قد وجدت بالتركيزات العالية اللازمة ، وعلى طول الفترة الزمنية الكافية لتسبب اذى خطيرا •

واخيرا علينا ان نتأمل احتمال سقوط نيزك • يلزم النيزك كى يزود الأرض بالقدر اللازم من مادة التخوم أن يكون قطره ١٠ ـ ١١ كيلومترا وأن يزن ٢٥٠٠ بليون طن • ربما لا نستطيع أن نستبعد كل الاحتمالات الثلاثة الأخرى ، ولكن يبدو أن اصبع الاتهام تتجه على الأرجح الى النيزك• وسنناقش هذا بالتفصيل فى الفصل الخامس •

ظهرت فيما بعد براهين اضافية تبين انه أيا كانت الواقعة التى خلفت هذه العناصر فانها لابد وان كانت حادثة عنيفة ولدت قدرا هائلا من الحرارة • عاد سميث وزميل له آخر هو ج • كليفر (من نفس معهد الجيولوجيا بامستردام) مرة اخرى الى صلصال كارافاكا باسبانيا • وفى الطبقة السفلى من هذا الصلصال وجدا الكثير من كريات صغيرة جدا من مادة زجاجية تشبه التكتيكات التى تنتج عن انصهار الصخور • ومثل هذه الكريات توجد احيانا قرب البراكين ، لكن التحليل الكيماوى لهذه الكريات قد بين أن تركيبها لا يشير الى أصل بركانى • اقترحا اذن (فى مجلة نيتشر سنة ١٩٨١) أن هذه الكريات قد تكونت بسبب جسم اصطدم بالأرض ، جسم قد يكون نيزكا ، وقد يكون مذنبا ، والاحتمال الأخير اقل ترجيحا •

كان غرض البحث الأصلى للفارس فى جوبيو هو أن يكتشف « توقيعا » كيماويا يمكن به تمييز صلصال التخوم بشكل سهل يعول عليه • كان امله ان يجد طريقة ملائمة لتعيين موضع التخوم فى طبقات الصخر ، ثم وفى نفس الوقت تحديد عمر طبقات الصخور فى جوار هذه التخوم بشكل اكثر دقة • اما أن يكون التوقيع الكيماوى فى جوبيو ناتجا عن واقعة من خارج الأرض فقد كان امرا مثيرا وان لم تكن له علاقة بالغرض الأصلى• ولم نعرف الا فيما بعد بأن التخوم قد نتجت عن واقعة رهيبة هائلة الحجم،

لتدفع العلماء الى الاعتقاد بأن الواقعة لم تكن فقط متزامنة مع الانقراض الذى حدث ما بين العصر الطباشيرى والعصر الثالث ، وانما كانت هى ذاتها السبب فى الانقراض ٠

ان حقيقة وصول مقادير كبيرة من الايريديوم والأوسميوم عن مصدر من خارج الأرض فى نفس الوقت الذى انقرض فيه الكثير من النباتات والحيوان ، قد لا تكون بالطبع أكثر من مجرد توافق ٠ وان الأدلة حتى الآن أدلة استنتاجية ٠ لكن ، هكذا الأمر أيضا مع مسدس يخرج من فوهته الدخــان ! ٠

كان قرار هيئة المحكمين العلمية ، المنعقدة فى أواخر عام ١٩٨٠ ، هو أن هذه الأنواع قد انقرضت فجأة ، تحت ظروف توحى بفاعل من خارج الأرض ٠

الفصل الثالث

فجأة ، أم بالتدريج ؟

يقولون ان لكل قضية جانبين ، لكن الواقع أن هذا صحيح فقط بالنسبة للقضايا التى تتألف من مقترح واحد ومقترح مضاد · سيكون هناك من يهاجم وسيكون هناك من يدافع ، مدع ومدعى عليه ، ثم هناك المحاكمة القضائية · لكن قضيتنا لم تصل بعد الى مثل هذه المرحلة البسيطة · ثمة بدائل متعددة ، كل يتطلب الفحص ·

توصل المحكمون الى قرارهم ، لكن التحقيق لابد وأن يستمر ، فربما كانت الأنواع قد انقرضت ــ فى طبقة العصر الطباشيرى العليا ــ بمقتضى ظروف طبيعية · فالأنواع تنقرض على أية حال · كيف نتأكد من ان زوالها كان تدريجيا ؟

ثمة آليتان محتملتان يمكن بهما ان ينقرض النوع بالتدريج : الأولى هى المنافسة مع انواع موجودة فعلا لكنها أفضل فى التأقلم مع الظروف البيئية ، والثانية هى التغير داخل البيئة ــ تغير كبير فى المناخ أو تغير كيماوى أو ميكروبيولوجى ــ والآليتان ليستا متنافيتين ، فقد تعملان سويا ــ لتصبح الصورة أكثر تعقيداً ·

من الخطأ أن نفترض أن التطور لا يعمل الا عن طريق أقلمة الأنواع للظروف البيئية السائدة فعلا ، والتى لا سيطرة للأنواع عليها ، وأن التغير البيئى لا ينتج الا عن قوى فيزيقية وكيماوية تعمل مستقلة عن الكائنات الحية · هذه العوامل تعمل بالطبع ، لكن البيئة بالنسبة لأى كائن حى تشمل الكائنات الحية الأخرى ، التى يحور كل منها من بيئته المباشرة لدرجة تزيد أو تنقص · أصبح من الشائع أن نصف سلوك الانسان فى عصرنا هذا بأنه سلوك منحرف ، لأنه يغير وجه الأرض ، ولأنه يسبب تغيرات ضخمة فى النظام البيئى « الطبيعى » ، ولأنه يقلق فيزيقا وكيمياء

كوكبنا ٠ نستطيع حقا أن نعتبر أن سلوكنا غير طبيعى ، ولكن ذلك انما يرجع الى المدى الذى يعمل فيه ٠ تصور عالما تعداد حيوان القندس فيه ـ مثلا ـ هو نفس تعداد البشر الآن ٠ أن ذلك بالتأكيد سيغير وجه هذا العالم بشكل هائل ٠ ومثل القنادس كل الأنواع تقريبا ٠ فالأفيال تسقط الأشجار اذا لم تتمكن بخراطيمها من أن تصل الى الأوراق العليا الصالحة لغذائها ، انها تستطيع أن تزيل غابات بهذه الطـــريقة ، بل ان أراضى المراعى قد نشأت بسبب ذلك ٠ وكلاب البرارى تزيل الشجيرات حـــول مداخل احجارها لتحرم المفترسات من الغطاء وتشجع ـ عرضيا ـ نمـــو النباتات المفضلة لغذائها ٠

ليست هذه سوى بعض من الأمثلة المثيرة للتحوير فى البيئـــة ، ولكن ، لما كان نمو نبات ما يعوق نمو نبات آخـــر فى نفس الموقع ـ وهـــو ما يعنى « النجاح » بالمعنى الايكولوجى ـ ولما كان الحيوان لا يستطيع أن يتغذى الا باحداث تغيير ولو طفيف فى البيئة من حوله ، فان القائمـــة النهائية للأنواع التى تغير البيئة لابد وأن تكون هى نفس قائمة الأنواع بأكملها ٠ وعلى هذا فان التأقلم للبيئة انما يعنى تغيير الظروف التى أقامتها الكائنات الحية السابقة كما يعنى التأقلم للقوى الطبيعية غير الحية ٠ ثمة أسباب وجيهة للفرض بأن وجه هذا الكوكب كله ـ من أعماق المحيطات حتى السماك الأعلى للغلاف الجوى ـ قد حورته الحياة نفسها لمدى واسع يسمح لنا أن نعتبر المحيط الحيوى كله نتاجا من صنع الحياة، من صنع الكائنات الحية الدقيقة أساسا ، ومعها ـ لحد محدود ـ النباتات والحيوانات عديدة الخلايا ٠

من الممكن أن يتسبب النشاط البيولوجى فى تغيير المناخ ، ويكاد يكون من المؤكد أن هذا كان صحيحا فى الماضى ٠ وهذا التغيير ـ بيولوجيا كان أو غير بيولوجى ـ يمكن أن يؤدى الى ظروف تزدهر فيها أنواع معينة٠ ومن الجائز أيضا أن تكون التغيرات بين الأنواع نفسها ـ ربما فى عشائر كائنات دقيقة لم تترك خلفها سجلا حفريا ولا نستطيع أن نعرف عن أنشطتها الكثير ، وما نعرفه عن أنشطتها كله لا يمكن أن يأتى عن ملاحظات مباشرة ـ أن تكون هذه التغيرات قد خلقت ظروفا جديدة تحملتها بعض الأنواع الأكبر ولم يتحملها البعض الآخر ٠

ثمة تعضيد فى حالة طبقـــة العصر الطباشيرى العليا ، هـــو أن التفسيرات المحتملة للانقراض والتى تستبعد غيرها بالضرورة عـــددها محدود ، فقد ثبت فى النهاية أنه بالرغم مما قد يكون من ضخامة الأثر لواحد من الأسباب ، فان عددا غيره قد يعمل فى نفس الوقت ليوصلنا الى نفس الاستنباط ، وبذا لا نستطيع أبدا أن نصل الى حل واضح ٠

دعنا نفحص اولا احتمال أن يكون انقراض أنواع الطبقة الطباشيرية العليا قد حدث بسبب التنافس مع أنواع أخرى • قيل على سبيل المثال ان الدينوصورات قد تطورت الى أحجام هائلة جدا ، وأنها كانت صعبة المأخذ ، بطيئة ، غبية ، غير مؤهلة لمواجهة أى تحد لا يمكنها معالجته بقوتها الباطشة • وأنه لو نشأت مجموعة جديدة من الحيوانات وكانت اقل تخصصا ، فلربما لم تجد صعوبة فى استغلال البيئة بشكل أكفأ من الدينوصورات ، وبالتالى على حسابها • فهل كان ثمة مجاميع من الحيوانات ؟ نعم ، كانت هناك مجموعتان : الطيور والثدييات • فاذا افترضنا أن الزواحف الكبيرة والطيور والثدييات كانت تتنافس سويا ، فلربما كان من المفيد أن نفحص القوة النسبية لكل من هذه الحيوانات خلال الجزء الأخير من العصر الطباشيرى •

يعتبر العصر الطباشيرى واحدا من أطول العصور فى التاريخ الجيولوجى للأرض ، لكن من الواجب أن نعامل هذه الجملة بحرص ، لأن أحداث الزمن الجيولوجى ليست سوى ابتكارات من صنع الحفريين والجيولوجيين • هى فى حد ذاتها ملائمة لنا ، لكنها اعتباطية لحد ما • والعصر الطباشيرى (وقد أعطاه اسمه الجيولوجى البلجيكى ج٠ب٠ج٠ أماليوس دالوى) يضم طبقات من الصخور الرسوبية ، والانقراض الذى نتحدث عنه يحدد نهاية هذا العصر • وفى هذا المعنى يمكن أن نصفه بأنه واحد من أطول العصور — التى يمكن ملاحظتها بوضوح — فى تاريخ كوكبنا •

وحقب ما قبل الكمبرى الذى شغل نحو خمسة أسداس تاريخ الأرض كله ، حقب أطول بكثير • فى هذا الحقب ظهرت الحياة لأول مرة على كوكبنا ، وحورت الكائنات الدقيقة من البحار ، والجو ، ومن بعض — على الأقل — من أسطح الأرض الجافة ، حورتها بطرق استغلتها الأشكال الحية فيما بعد • لكنا لا نعرف الا القليل عن هذه الكائنات الدقيقة ، فهى لم تترك من الأحافير الا القليل ، ولأن تاريخنا لتاريخ الأرض قد اعتمد بشدة فى الماضى على انواع معينة من الأحافير التى توجد فى طبقات معينة من الصخور ، فقد افترض عادة أن غياب البقايا المتحفرة للأنواع عديدة الخلايا فى صخور ما قبل الكمبرى انما يعنى غياب الحياة فى ذلك الحقب • لكنا عرفنا مؤخرا ليس فقط أن هذه الصورة خاطئة — فقد عثر على أحافير دقيقة — وانما أيضا أن هذا أمر غير معقول • لقد سبقت الكائنات الدقيقة الكائنات الكبيرة فى الظهور • ولقد شغلت الكائنات الدقيقة ، وحدها ، الأرض معظم تاريخ هذا الكوكب •

وفى اثناء احتلالها ــ وحدها ــ للأرض طيلة هــذا الزمن ، قامت بتغيرات هائلة ــ فى كيمياء البحار وفى الجو على وجه الخصوص · فلقد نتج غاز الأكسيجين ــ بكميات كبيرة تجمعت بالغلاف الجوى ــ كمنتج ثانوى لعملية التمثيل الضوئى التى تقوم بها النباتات وحيدة الخلية · ولقد كانت هذه الواقعة بلا ادنى شك هى اخطر « وقائع التلوث » التى عرفها العالم ، لأن الأكسيجين غاز شديد التفاعل ، كما انه سام جــدا بالنسبة للكائنات التى لا تعرفه ·

لا وليست هذه هى القصة الكاملة للأكسيجين ، ذلك انه لو ازدادت نسبته فى صورته الغازية فى أى وقت عن حد محــــدد ، فان خصائصه المؤكسدة ستتغلب على ما اكتسبته الأنواع من مقاومة · ستمضى اكسدة المادة الكربونية بسرعة كبيرة ، بمعنى أن ومضة واحدة فقط من ومضــات البرق العشرة آلاف التى تحدث كل يوم قد تشـــعل نارا تقضى على كل الكائنات الحية على وجه الأرض ، لكن هذا لم يحدث ، ولن يحدث (كمــا نرجو) بسبب انشطة الكائنات الدقيقة التى لا تعد ولا تحصى والتى تستعمل الأكسيجين مباشرة وتأخذه من الجو ، أو التى تطلق الغــازات (كغــاز الميثان) التى تتأكسد فى الجو « فتحبس » الاكسيجين ·

لا يجوز لنا أن نغفل دور الكائنات الدقيقة فى تشكيل العالم الــذى نعرفه ، بسبب غموض هذا الدور ، ولا يصح أن نهمل هذه الكائنات بسبب صغر حجمها · ان اهميتها فائقة · كما أن لها علاقة وثيقة بحكايتنا هذه · ان كل ما يسبب تغيرا كبيرا فى الكائنات الدقيقة على الأرض يمكن أن يقود بطريق غير مباشر الى تغيرات هائلة فى البيئة تؤثر على النباتات عديدة الخلايا وعلى الحيوانات · غير اننا لا نمتلك سجلا لمثل هذه التغيرات ، كما أن اثرها النهائى ــ ولكونه غير مباشر ــ قد يبدو وكأنه لا علاقة له بالسبب الأساسى الذى قد نعرف له سجلا · ان الكائنات الدقيقة توفر البنية التحتية التى تعتمد عليها الأنواع الأكبر ، والتغير فى هذه البنيــة قد يلعب دورا تطوريا اكبر من اى دور تنسبه له ·

ورغم ذلك فان العصر الطباشيرى ــ اذا تركنا العصر قبل الكمبرى جانبا ــ عصر طويل حتى بالمقياس الذى يستخدمه الجيولوجيون فى قياس التاريخ ، فلقد امتد نحو ٧٠ مليون سنة · ان بدايته تبعد عن نهايته بقدر ما تبتعد نهايته عن عصرنا الحاضر · وطبيعى أن تتم خلاله تغيرات كبيرة ، ومن بين هذه التغيرات هناك انقراض بعض الكائنات او وشاكة انقراضها · غيرت عشيرة الزواحف البحرية تركيبها · كان الاكصور ــ كذلك الذى عثرت عليه مارى آننج ــ متلائما تماما للحياة فى البحر ، لكن يبــدو

أن أعداده قد تناقصت بتقدم هذا العصر ، ليختفى تماما منذ ٦٥ مليون سنة مضت • ولقد تلاشى التمساح البحرى فى أوائل ذلك العصر • لكن البلسيوصور – وهو زاحف بحرى آخر – ازدهر ليصل عدد أجناسه فى نهاية العصر الى عشرين جنسا على الأقل ، لم تكن جميعا ضخمة ، وان كان بعضها هكذا – فلقد كان طول جمجمة الكرونوصور ثلاثة أمتار • ولقد كيفت السلحفاة نفسها للحياة البحرية ، ومثلها أيضا بعض السحالى ، وتطورت الى الموزاصور الذى ازدهر أيضا فى نهاية هذا العصر الطباشيرى •

ومع ذلك فقد كان العصر الطباشيرى قبل كل شىء هو العصر الذى ازدهرت فيه الدينوصورات – تلك الزواحف الأرضية • كانت الدينوصورات قد وطدت وجودها عند بداية هذا العصر ، فلقد ظهرت فى العصر الثلاثى (الترياسى) وتزايدت أعدادها فى العصر الجوراوى ، هى اذن قد نشأت قبل بداية العصر الطباشيرى بنحو ٩٠ مليون سنة • كان الايجوانودون شائعا فى العصر الطباشيرى ، على الأقل فى بعض المناطق ، كما وجدت به أيضا كل المجاميع الرئيسية : الصربودات والكارنوصورات والكوليوروصورات والطير قدميات والصورات المجنحة • ولقد تزايدت أعداد الصربودات خلال هذا العصر ثم تدهورت ، ومن المحتمل أن تكون قد اختفت قبل نهاية هذا العصر • أما الاصطفورات فقد اختفت تماما قبل بداية العصر الطباشيرى لتحل محلها الانكيلوصورات – وهى حيوانات عشبيه كانت تدافع عن نفسها بصفائح درعية تعطيها شكل دبابة حية •

ثمة مجموعتان كانتا تسيطران على الزواحف : مجموعة الأورنيثيشيانات (العشبية) ومجموعة الصوريشيانات (اللاحمة) ، وهما تشكلان الدينوصورات الحقيقية • ولقد تشعبت هاتان المجموعتان وأصبح الكثير من أنواعها ضخم الجثة • ولقد ظهرت فى نهاية العصر الطباشيرى أكبر لواحم هذه الأرض طرا : التيرانوصور ، ولم يكن نوعا واحدا وانما كان جنسا يضم العديد من الأنواع ، كما كان هناك الكثير من الأقارب البعيدة التى تضارعه شكلا • أما الأورنيثيشيانات فقد أنتجت الهادروصورات ، وهى الدينوصورات التى تتميز بما يشبه منقار البط ، ولقد ظهر منها فى نهاية الأمر نحو عشرين جنسا ، كما أنتجت أيضا السيراتوبسيانات ، وهى الزواحف التى كانت تتميز فى المراحل الأولى من تطورها بوجود أهداب شعرية حول الرقبة ، وكان لها فى نهاية العصر قرون ضخمة • وتنتمى التريسيراتوبات لهذه المجموعة • أما الصورات المجنحة فقد تدهورت خلال هذه الفترة ولم يبق منها فى نهاية العصر الا بضع مجاميع قليلة •

صحيح أن مجاميع الدينوصورات التى ازدهرت قد أنتجت بعضا من العماليق ، لكن الحقيقة هى أن الحيوانات الضخمة حقا — والتى تقفز الى الذهن عادة اذا ما سمعنا كلمة دينوصور — قد اختفت قبل بداية العصر الطباشيرى ٠ فلقد ازدهر الدبلودوكص — وكان طوله ٢٦ مترا ، كان عملاقا بحق — فى العصر الجوراوى الحديث واندثر قبل منتصف الطباشيرى بوقت طويل ٠ أما الذراعصور — الذى كان طوله ١٢ مترا ويزن ٨٠ طنا — فقد اندثر فى منتصف هذا العصر ٠ أما الأباتوصور — وكان يسمى الربونتوصور — فقد كان نوعا جوراويا لم يستمر طويلا فى العصر الطباشيرى ٠

ان الصورة التى تبزغ أمامنا خلال العصر الطباشيرى تبين الدينوصورات فى حالة صحية تماما ، من وجهة النظر التطورية ٠ كان البعض منها كبير الحجم — وأبدا لم تكن كلها هكذا — ولكن الحجم على ما يبدو كان يعطيها ميزة ٠ ولم يكن معوقا على الاطلاق ٠ ومن الجائز فعلا أن تكون حقيقة أن الدينوصورات قد غدت ضخمة أولا ، ثم اندثرت — وهو ما حدث أيضا لمجاميع عديدة من اللافقاريات فى أزمنة مختلفة — هى السبب فى الاعتقاد القديم بأن الحجم لابد وأن يفضى الى الانقراض ٠ علينا أن نضع نصب أعيننا دائما أن مجرد تعاقب ظاهرتين لا يعنى بالضرورة وجود علاقة سببية بينهما ٠ فلقد حدث أن سلك التطور الطريق ناحية الحجم الكبير مرات عديدة بين الزواحف القديمة ، وطبيعى أن بعض الأنواع قد انقرض ٠ ونحن لا نتوقع شيئا غير هذا ٠ لقد اختفى الكثير من أنواع الثدييات خلال الخمسة وستين مليون عام الأخيرة ٠ وسنعود الى هذا الموضوع فى الفصل التاسع عندما نتفحص المرحلة التى وصلها التطور على نهاية العصر الطباشيرى ٠

وقبل نهاية العصر الطباشيرى كانت الدينوصورات قد غدت عديدة ومتنوعة ، وليس لدينا من سبب على الاطلاق يدعونا للفرض بتعرضها لأية منافسة — الا اذا كانت فيما بينها ٠ كانت الدينوصورات ناجحة تماما كما الثدييات الآن ، بل وربما كانت أكثر نجاحا ، فهى على أية حال قد ازدهرت فترة تقرب من مائة وخمسين مليون سنة ٠

وسنجد عموما أن النوع الذى يموت يفسح المجال أمام نوع آخر من نفس طائفته يحل محله ٠ قد تبدو هذه الجملة فضفاضة ، لكنها فى الواقع حقيقة بدهية ٠ ثمة شواهد كثيرة من التاريخ الحديث ٠ خذ مثلا الأرخص (بوص بريميجينيوس) ، الثور الأوروبى البرى ٠ لقد انقرض هذا الحيوان فى القرن السابع عشر ، فلم يستطع أن ينافس الانسان الذى كان يصطاده للحم ، كما يقتله لأنه يتلف المحاصيل ٠ انقرض النوع اذن لكن الجنس الذى يضمه لا يزال سليما مزدهرا — وأمامك

اقاربه من الأبقار المستأنسة • وهنـــاك قائمة طويلة من أنواع الثدييات والطيور التى انقرضت حديثا ، لكن الثدييات والطيور لا تزال مزدهرة • ان فرضنا (المبرر) بأن أنواعا معينة قد لا تستطيع أن تتلاءم مع تغيــر البيئة ، هـــذا الفرض لا يصـــح أن ينسحب الى فرض يختص بالملاءمة التطورية للثدييات والطيور • ان هاتين الطائفتين فى الحق ناجحتـــان تمـــاما •

المهم هنا هو أن ما حل محل الزواحف التى انقرضت خلال العصـــر الطباشيرى كان زواحف أخرى ، وبذا فليس من سبب يدعونا للفرض بأن بقاء الزواحف كطائفة قد هدد ، أو أن أنواع الدينوصورات المختلفة قـــد انتهت بسبب التقدم الطبيعى للتطور •

كان من بين الأنواع التى اختفت من الأرض فى هذا القرن نوعان من فئران البندقوط وفأر الكنغر ، وهى من الجرابيات الاسترالية المحلية• هذه الفئران لم تتحمل المنافسة مع الثدييات المشـــيمية التى أدخلت الى استراليا • فى مثل هذه الحالة ، التى قاسى فيها الكثير من الجرابيات بشدة من منافسة الثدييات ، قد نجد مبررا لاستنباط عن الجرابيات ككل • اننا لا نعرف بالتأكيد السبب فى أن تجد الجرابيات صعوبة فى منافســـة المشيميات (ويبدو أن الفكرة القديمة بأنها أقل كفاءة من الناحية التناسلية فكرة خاطئة) • لكن تبقى حقيقة أنها وجدت المنافسة صعبة ، وربما خولت لنا هذه الحقيقة أن نستنبط أن الجرابيات أقل فى الكفاءة التطورية من المشيمات •

استبدل بالأرخص ، الثديى المشيمى ، ثديى مشيمى آخر هو سلالته المستأنسة ، وفى الحالة الأخرى استبدلت بجرابيات معينة أنواع من مجموعة أخرى • وما حدث فى العصر الطباشيرى هو استبدال زواحف بالزواحف التى اندثرت ، وبذا فليس هناك ما يبرر الفرض بأن بقـــاء الزواحف ــ ككل ــ قد هدد ، أو أنها قد هلكت مع التقدم الطبيعى للتطور•

ومباشرة ستبدو فكرة الانقراض التدريجى وقد ضعفت ، لأنه بالرغم من أن الكثير من الأنواع أو الطوائف قد اندثر خلال العصر الطباشيرى ، فان هذا لا يغير من حقيقة أن الكثير منها كان موجودا فى نهاية العصر ــ ولكن ليس بعد ذلك • ويبدو فعلا أن الزواحف فى الأزمنة الحديثة ــ وربما أيضا منذ بداية الحقب الثالث ــ قد استمرت فى الانحدار أمام طـــوائف أخرى • وهذا يعنى ــ فى السياق التطورى ــ انها لم تعد « قوية » •

ان وجود الثدييات بالعصر الجوراوى أمر معروف • كانت ثدييات ذلك العصر بدائية ، ولكن كان منها العديد من الأنماط • غير أن الســـجل

الحفرى يقول ان الحيوانات نفسها كانت صغيرة وغير شائعة · ولقــد ازدادت أعدادها خلال العصر الطباشيرى · وعلى نهاية هذا العصر ظهرت أوائل الجوابيات والمشيمات آكلات الحشرات · كانت الحيوانات نفســها ما تزال صغيرة ـ كان أكبرها فى نحو حجم أوبوسوم فيرجينيا أو القطة المنزلية · وربما كانت قارتة حقا ، وان كانت تميل الى الأغذية ذات الأصل الحيوانى · كانت بكل تأكيد تأكل الحشرات ويرقاتها ، وبيضها فى بعض الأحايين ، كما كانت تأكل بيض الطيور ، والجيفة ، وما يمكنها اصطياده من الحيوانات الصغيرة · وحتى لو افترضنا أنها كانت أكثر عددا مما يقترحه السجل الحفرى ، فمن الصعب أن نتفهم نوع التهديد الذى تسببه للزواحف الكبيرة الراسخة ·

ورغم الحكايات المعروفة عن الفيلة التى تخاف من الفئران (وان كانت تبدو بالفعل قلقة فى وجود الحيوانات الصغيرة سريعة الحركة ، ربما خوفا من أن تدخل خراطيمها) فان عشائر الحيوانات الكبيرة نادرا ما هددتها عشائر الحيوانات الصغيرة ـ ان كان ثمة تهديد على الاطلاق، ثمة غابة أوروبية حديثة متساقطة الأوراق قدرت فيها العشائر الحيوانية· اتضح أن الكتلة الحيوية (الوزن الكلى) للحيوانات الصغيرة ـ القوارض واللواحم وآكلات الحشرات ـ تفوق مثيلتها للثدييات الكبيرة ـ الخنزير البرى والغزال ـ بنسبة ٥ : ٢ · والخنازير عموما حيوانات قارتة ، أما الغزال فهو عشبى متخصص · والتباين فى الثدييات الصغيرة أكبر بكثير، ولكنها لا تضايق الثدييات الكبيرة · ولم يقترح أحد أن الكتلة الحيــوية لثدييات العصر الطباشيرى كانت تقترب حتى من الكتلة الحيوية للزواحف، وبذا فالثدييات على الأغلب لم تكن بالمنافس الخطير · وليس هناك أيــة شواهد توحى بأن ثدييات العصر الطباشيرى كانت تتكاثر بالمعدل الذى نتوقعه لو أنها احتلت مناطق كانت الزواحف تشـــغلها · على العكس ، فزيادتها لم تبدأ حقا الا فى الحقب الثالث عندما احتلت مواقع الزواحف التى انقرضت ·

يبدو اذن أن علينا أن نهمل فكرة أن يكون تدهور الزواحف قــد حدث نتيجة لنجاح الثدييات ·

والشواهد بالنسبة للطيور أكثر غموضا ، ذلك لأن سجلها الحفرى أقل ارضاء من سجلات الطوائف الأخرى · والأرجح أن أنماط الطيــور الحديثة قد ظهرت على نهاية العصر الطباشيرى · ومن الجائز أن تكون قد تناقست بنجاح مع الصورات المجنحة ، ويبدو أن نجاحها قد تم متواقتا مع تدهور هذه الصورات (وعلى الذكر ، لم تتطور الطيور عن الصورات

المجنحة وانما عن مجموعة أخرى من الدينوصورات) • لكن الحقيقة هى انه حتى لو كانت الظاهرتان مرتبطتين سببيا ــ نعنى أن نجاح الطيــور كان بسبب تدهور الصورات المجنحة ــ فان هذا لا يخدم الجدل ، لأن الطيور انما تتنافس فقط فى المناطق الصالحة للاشــــكال الطــائرة • والزواحف الكبيرة ــ أرضية كانت أو بحرية ــ لم تعتمد ابدا على غذاء لا يتاح الا بالطيران ، وبذا فان تأثرها بهذا التغير لا يختلف عن تأثر الثدييات الحديثة الكبيرة ، الأرضية الغذاء ــ بتغير عشائر الطيــــور • أضف الى ذلك أن تدهور الصورات المجنحة قد لوحظ على طول معظم العصر الطباشيرى ، وقد تكون قد اختفت تماما على نهايته • لكن سيغرينا دائما أن نتصور انها اختفت لأنها لم تتمكن من منافسة الطيور •

لكن هذا الجدل للأسف ليس مقنعا حقا • ويمكن توضيح هذا بمقارنة الطيور بالخفافيش ، وهذه رتبة من الثدييات • لقد عثر على بقايا أحافير الخفافيش فى طبقات ترجع الى الفترة الأيوسينية والعصر الثالث ــ وهى الفترة التى ابتدأت من ٥٤ أو ٦٠ مليون سنة مضت ــ ولكنها قد تكون قد ظهرت فى وقت مبكر عن ذلك ، فى الفترة الأولى من العصر الثالث المسمى بالعصر الباليوسينى • ويبدو انها لم تسبب أية مضايقة محسوسة للطيور فاذا ما كان نجــاح مجمــوعة يقــود الى اختفــاء المنافسين ، فالمفروض أن يحدث هذا هنا • والخفافيش تنتمى الى ما قد تكون أكثر رتب الثدييات نجاحا (رتبة كيروبترا) وهى مكيفة تماما للطيران ، ويمكنها حقا أن تتفوق فى المناورة على الطيور الصغيرة آكلة الحشرات التى تشاركها أجواء المساء •

وبالرغم من أن معظم الخفافيش والكثير من الطيور تتغذى عــلى الحشرات ، فليس من سبب يدعونا للفرض بأن ظهور الخفافيش ، متأخرا عن الطيور بنحو ٦٠ أو ٧٠ مليون سنة ، قد أدى الى اختفاء نوع واحــد فقط من الطيور • لا ولا نستطيع أن نفترض أن الحياة الليلية للخفافيش كانت استجابة لمنافسة الطيور النهارية • لا شك أن حياتها الليلية قــــد سهلت ترسيخها ، لكن من المستبعد أن تكون قد اتخذت هذا السبيل لهذا السبب • والأغلب أن الخفافيش قد تطورت عن أنواع ليلية بينما تطورت الطيور عن أنواع نهارية •

الواضح أن الخفافيش لم تسبب أية مضايقات للطيور ، ولكن ، هل ضايقت الطيور الصورات المجنحة ؟ ربما يكون هذا قد حدث • لكن ليس هناك من سبب دامغ يؤكد ذلك • لابد أن الكثير من الصورات المجنحة كان يتغذى على الحشرات ، وربما قضى الكثير من انواعها الكبيرة معظــــم

حياته فى الهواء ، تماما كطائر القادوس أو طائر السنونو الحديث • كانت أرجلها قصيرة ضعيفة • الشئ الذى يجعل من الصعب عليها أن تجثم أو أن تتحرك على الأرض أو أن تنطلق طائرة ثانية بعد وقوفها على الأرض، بالرغم من أن البعض منها قد يكون قادرا على التوقف فوق سـطح الماء وأن ينطلق طائرا منه ، تماما كطيور البحر الحديثة •

علينا فى النهاية أن نترك اختفاء الزواحف الطائرة كلغز ليس لدينا تبرير مقبول له • وكل ما نستطيع أن نقول هو أن هذه المجموعة ككل قد اختفت بالتدريج ، وأنها جميعا على الأغلب قد انتهت قبـل نهـاية العصر الطباشـيرى بفتـرة ما ، وأن تدهـورها قد توافق مع ترسيخ الطيور ونجاحهـا •

لا ولا يستتبع ذلك أننا اذا استطعنا أن ننسب تدهور مجموعة الى نجاح أخرى ، فان هذا التدهور بالضرورة لابد أن يكون تدريجيا • فاذا اعتبرنا أن مصير الأنواع التى اختفت فى الأزمنة الحديثة كان بسبب كفاح الانسان كى يهيىء لنفسه البيئة التى يرغبها ، فسنجد أن بعض الأنواع قد انقرض فجاة • ففى خلال بضعة قرون لا أكثر — وهذه فترة أقصر من أن يقيسها الحفرى — اختفى أكثر من مائتى نوع من الطيور والثدييات • وبالرغم من أن حجم هذا الانقراض لا يمكن أن يقارن بما حدث فى نهاية العصر الطباشيرى ، الا انه كان فجائيا تماما • صحيح أن سببه كان هو نفس التنافس بين الأنواع الذى نفترض له أن يعمل بالتدريج ، لكنه لم يكن كذلك ، أو هو على الأقل لم يكن كذلك فى كل الحالات •

اقترح أن الزواحف البحرية قد فشلت فى المنـافسة أمام الأسماك كاملات العظام التى ظهرت خلال العصر الطباشيرى (وهذه تحت طائفة من الأسماك العظمية تضم معظم الأسماك الحديثة) • من الواضح أن الأسماك الأكثر تطورا قد حلت محل بعض (وليس كل) منافسيها من الأسماك الأكثر بدائية ، لكن من الصعب أن نتخيلها كتهـديد أيكولوجى للزواحف ، انما الأرجح أن تأكل الزواحف هذه الأسمـاك الجـديدة • فاذا كـانت المنافسـة هى التى أدت الى تدهـور الاكصـورات مثـلا ، فمن الممكن أن يفسر هـذا ببسـاطة وبشـكل أكثر قبـولا عن طريق التطوير الذى حدث للبلصورات التى يبدو أنها كانت حيوانات صيد على درجة عالية من الكفاءة • وكما حدث بالنسبة للصورات الطائرة ، فلا يمكننا أن نقول بالنسبة للزواحف البحرية التى اختفت خلال العصر الطباشيرى سوى أن انقراضها قد حدث على ما يبدو تدريجيا ، وأنه قد تم قبل نهاية هذا العصر ، وأنه ليس أمامنا الا أن نتركه دون تبرير •

عندما وضعنا فى الاعتبار امكان اهمال المنافسة بين الأنواع كسبب هام لانقراض الأنواع ، توصلنا الى دليل قد يكون هاما • فى اشارتنا الى الغابة الأوروبية الحديثة (ص) أغفلنا أن نبرز تهديدا أكثر معنوية بالنسبة للثدييات الكبيرة: هو تحطيم موطن حياتها • كان الانسان هو الفاعل فى هذه الواقعة ، لكنها واقعة خاصة • فالنوع المسئول ــ أو المجموعة المسئولة فى تقسيم أعلى ــ لا يلزم أن تنافس ، بل الواقع أنه من المستبعد أن تنافس الأنواع المهددة ، فى نفس الغذاء أو نفس نمط موقع المأوى ، منافسة مباشرة •

وحيثما حدث هذا ــ وربما كان هذا هو أكثر الظواهر الايكولوجية توقيتا ــ كانت الحيوانات الكبيرة الحجم ــ بلا استثناء ــ هى الأكثر تأثرا • كثيرا ما تكون هذه الحيوانات نوعية جدا فى غذائها ، وبذا لا تستطيع النجاة اذا ما اختفت أنواع النباتات التى تعتمد عليها فى طعامها • كما أنها تفقد أماكن ايوائها وتقاسى من قلق لا تستطيع تحمله بسببه وجود أنواع أخرى ، بالرغم من أن هذه الأنواع الأخيرة لا تبغى لها فى الحقيقة ضرا • هناك بالطبع الكثير من الحيوانات الصغيرة ــ لا سيما من الحشرات ــ النوعية فى غذائها ، وهى فى مثل هذه الحالات عادة ما تختفى أيضا • لكن هذه الأنماط المتخصصة عادة ما تكون تحويرات عن أنماط أقل تخصصا أو مختلفة التخصص تبقى ولا تندثر • ان تحطيم غابات المطر الاستوائية قد يسبب انقراض الكثير من الفراشات وأبى دقيقات ــ مثلا ــ وهى حيوانات تعتمد تماما على عشائر النباتات التى تحيا عليها • لكن اختفاءها لا يعنى اختفاء كل الفراشات وأبى دقيقات فى كل أنحاء العالم • ومعظم الثدييات الصغيرات عالية التأقلم عموما ، وهى قد تزدهر أحيانا كما ازدهرت القوارض والثعالب ومجموعات أخرى عديدة عندما تحولت غابات المناطق المعتدلة الى أراض زراعية •

لابد لنا اذن أن نعالج احتمال حدوث تحول ايكولوجى عظيم تسبب فى أن تواجه الحيوانات الأكثر تطورا والأكثر تخصصا ظروفا لم تستطع أن تتغلب عليها • وعلينا أن نقتصر فى المرحلة الحالية على أنواع التغير التدريجى ، والتغيرات الفجائية التى تنجم عن أسباب من خارج الأرض ليست بأقل ايكولوجية أو طبيعية •

الأغلب أن تظهر مثل هذه التغيرات أولا كتحوير فى الأساس الغذائى للنظام البيئى ــ نقصد البعض المعين من الكائنات الدقيقة والنباتات الخضراء التى تحول المركبات البسيطة الى مواد أكثر تعقيدا تحتاجها الكائنات العضوية التغذية (تسمى الكائنات التى تستطيع أن تصنع الغذاء الذى تحتاجه من المركبات البسيطة التى تحصل عليها من التربة

او الماء او الهواء باسم الكائنات بدائية التغذية ، اما الكائنات التى لا تمتلك هذه القدرة ويلزمها ان تتغذى على الكائنات الأخــرى فتسمى الكائنات عضوية التغذية) • وقد يحدث التغير ايضا نتيجة حوادث فى مواقع اخرى من دورة التغذية • فمثلا ، قد تتغير الكائنات الحية الدقيقة التى تحــلل البقايا العضوية وتعيدها الى جذور النباتات كمركبات بسيطة ، وقــد تتدهور بعض المجاميع فى الوقت الذى تزدهر فيه مجاميع اخرى ذات انشطة بيوكيماوية مختلفة ، وقد يؤثر مثل هذا التغير فى كيمياء المحاليل المائية للتربة الذى تعتمد عليه النباتات الخضراء ومعها كل الحيوانات ، او قد يؤثر فى تركيب الغازات التى تطلق الى الجو • اننا نعرف ان مثــل هذه التغيرات قد حدثت فى الماضى ، فبين أيدينا سجلات عن آثارها • ولكن ، دعنا الآن نهتم فقط بالتغيرات بين النباتات الخضراء نفسها •

اذا ما فكرنا فى التطور فان تفكيرنا عادة ما ينصب فقط على تاريخ الحيوانات • فلأننا نحن من الحيوانات فان اهتمامنا يتركز على اسلافنا• واذا تصورنا شجرة تحاضر فى مادة التطور ، فسيختلف الأمر ! يجب الا ننسى أن النباتات قد تطورت ، وأنها لا تزال تتطور ، تماما كالحيــوانات• وفى خلال العصر الطباشيرى ، تميز التغير الأساسى فى نباتات العــالم ببزوغ وانتشار النباتات الزهرية الكاسيات البذور •

قد تظهر انواع من النباتات جديدة خلال طريق التطور الطبيعى ، ولكن يصعب أن نتصور انه ما أن ترسخ هذه الأنواع الجديدة فى منطقة معينة حتى تنتشر بسرعة الى المناطق المجاورة التى يسودها نباتات من انماط جديدة • كل ما نحتاجه هو أن نفترض وجود ميزة واضحة بهــذه النباتات الجديدة ، بجانب نوع من « قوة الدفع الايكولوجية ، يمكنها من أن تفرض نفسها • وهذا ليس بالأمر الصعب •

من بين أنواع كاسيات البذور نفسها يمكننا ان نفكر أولا فى تطــور تباينات فى المسالك البيوكيماوية للتمثيل الضوئى • مثل هذه التباينات ترتبط أساسا بمدى استفادة النباتات من طاقة الضوء فى التنفس • ثمــة نباتات تسمى نباتات (سى ٤) لا تقوم بالتنفس الضوئى (لا تســتخدم طاقة الضوء فى التنفس) ولكنها تستطيع ــ بشكل اسرع من تلك التى تقوم بالتنفس الضوئى ، على درجات الحرارة العالية وشدة الضوء العالية ــ أن تقوم بالتمثيل الضوئى ، وبذا تنمو بشكل أسرع • وتوجد مثل هــذه النباتات أساسا بين الحشائش الاستوائية ــ الذرة والذرة الصيفية وقصب السكر مثلا ــ ولكن ، لأننا نعتقد أن موقع التنفس هو بعض الخمــائر المؤكسدة والحافزة بجسيمات مرتبطة بالغشاء (تسمى بيروكسيزومات) داخل السيتوبلازم بخلايا النباتات ، ولأن البيروكسيزومات توجد فى بعض

اعضاء بعض العائلات دون البعض الآخر ، بل وحتى فى بعض الأنواع وليس فى أنواع أخرى تابعة لنفس الجنس ـ مثلا التريبلكس والبانيكوم (دغل الملح ، وجنس الأعشاب الذى يضـــم الدخن والكثير غيره من الأعشاب الاستوائية) ـ لهذا نستطيع أن نقول انه من الجائز أن تكـون هذه النباتات أكثر انتشارا • واذا كان هذا صحيحا فان تحول الجـو الى الدفء سيحابيها ، ويسمح لها بأن تمد تخومها على حساب منافسيها من النباتات •

هناك « مداخل » فى حياة النباتات يمكن أن تصبح « عتلة » للتوسع• فالجفاف قد يزيل النباتات الموجودة على السطح ، كما يحدث فى المناطق نصف الجافة الآن ، ومثله أيضا البرد الطويل أو الغمر الطويل بالماء • فلو أن أنواعا تطورت يمكنها أن تستغل مثل هذه المساحات المصابة عندما تتحسن الظروف ، بصورة أسرع من الأنواع « التقليدية » ، فربما أمكنها أن تشكل حاجزا كثيفا يستبعد منافسيها • اذا كان هـــذا ممكنا ، فكل ما نحتاجه هو فقط أن نفترض وجود مثل هذه الأنواع على مقربة ، بجانب فرصة ملائمة للاستعمار ، لكى يتغير نمط النباتات فوق المنطقة المصـــابة تغيرا جذريا ، وبسرعة كبيرة •

والحرائق التى تحدث طبيعيا فى النباتات الجافة تزيل تقريبا كـل النباتات الموجودة بالمنطقة التى تتأثر بها • وتحدث اعادة استعمار هـذه المناطق عادة على مراحل ، الى أن يظهر من جـــديد شىء قريب الشبه بالعشائر الأصلية • وحيثما تحدث الحرائق بانتظام ـ على فترات بينها عقد من السنين أو أقل ـ فان التغير الايكولوجى قد يفيده نجاح تلك الأنواع الأكثر مقاومة للنار • وعلى سبيل المثال ، فقد شكلت أشجار الصنوبر الطويلة حاجزا كبيرا بهذه الطريقة ، فالشجرة نفسها تتكون من خشب كثيف مقاوم للنار ، كما أن بذورها هى الأخرى تعتبر مقاومة أيضا • بل ان هناك أنواعا من الأشجار تستغل ميزة تحملها للنار ، بأن تنتج نثارا وفيرا من الأوراق والأغصان ، شديد القابلية للاشتعال ، يكون عرضـة للاشتعال تلقائيا تحت الظـــروف الجافة ، لتقوم النيـــران التى تشب بتخليصها من منافساتها • أيجوز اذن أن تكون بعض الأنواع قد أسرعت من تقدم كاسيات البزور ؟

دعنا نمضى مع هذا التأمل خطـوة ابعـــد : هل من الممكن أن يكون ازدهار كاسيات البزور قد خلق ظروفا تجعل الحرائق أكثر شيوعا ؟ ان هذا قد يحدث اذا كان لتركيز الأكسيجين فى الجو أن يزداد ، حتى ولـو بنسبة ضئيلة • وهو قد يزيد اذا مضى التمثيل الضوئى بمعدل أعلى ـ ربما أثناء بزوغ النباتات الكاسيات البذور ـ وكذا اذا ما دفن الكربون

بدلا من اكسدته بالتحلل الطبيعى • فى اثناء تكوين الفحم يدفن الكربون بهذه الطريقة ، وفى مثل هذه الأوقات يزداد بالفعل تركيز الأكسيجين بالجو ، وكلما ازداد الأكسيجين فى الجو كلما ازدادت سهولة وضراوة احتراق المواد العضوية •

ازدادت بالفعل كمية الأكسيجين فى الجو خـــلال جزء من العصر الطباشيرى • ولقد تركت النباتات المورقة سجلات تفصح عنها فى صورة حقول شاسعة من الفحم • وهذا أمر معقول من ناحية علم الحفريات • وقد يكون لما انتجته من زيادة فى تركيز الأكسيجين بالجو اثر فى زيادة خطر اشتعال النيران •

وهذا أمر مهم ايضا من الناحية المناخية ، فعملية دفن الكربون تمنع التحلل المؤكسد الذى يعيد ثانى اكسيد الكربون الى الهواء • يقلقنا الآن احتمال أن يؤدى حرق الوقود الحفرى ــ وبعضه نشأ خلال العصر الطباشيرى ــ الى اعادة ثانى اكسيد الكربون هذا مرة اخرى الى الجو ، الشىء الذى سيؤدى الى ارتفاع حرارة الجو من خلال ما يسمى بظاهرة الصوبة (وسنقوم بشرحها فى الفصل السابع) • وليس هناك من سبب جدى يدعونا للشك فى ان لكمية ثانى اكسيد الكربون فى الجو اثرا مباشرا على المناخ • والواقع أن فى مقدورنا أن نحسب تركيز ثانى اكسيد الكربون فى الجو السائد فى اى زمن نريده فى الماضى ، ويمكننا بفحص نظائر الأكسيجين أن نحسب درجة الحرارة • تحتوى الصخور الرسوبية عـلى مركبات اكسيجينية ، ويمكننا أن ناخذ منها العينات اللازمة ، كما نستطيع ان ناخذ بعضا من لب الصخور ونقدر عمره ومنه يمكن حساب عمــر العينات • وتبين نتائج مثل هذه القياسات والحسابات ان درجة حرارة الهواء ترتبط ارتباطا مباشرا بمربع تركيز ثانى اكسيد الكربون • وعلى هذا نستطيع أن نقول ان دفن الأكسيجين فى العصر الطباشيرى قد تسبب فى تدهور فى المناخ • وسنعود فيما بعد الى قضية اثر التغير فى الجو • علينا اولا أن نفحص ما اذا كان حدوث تغير كبير فى انماط النبــاتات سيؤثر فى الحيوانات التى تعتمد عليها فى التغذية •

فى بداية العصر الطبـــاشيرى كانت النبــاتات السائدة تشــمل الصنوبريات والسراخس والسيكاس والجنجو وغيرها من عاريات البذور ــ ولقد اختفى الكثير من هذه النباتات الآن ، ولكنها كانت قد رسخت تماما على الأرض منذ الفترة الأخيرة من الحقب الباليوزوى • كانت قد أصبحت سائدة فى العصرين الترياسى والجوراوى ، وظلت هكذا طيلة معظم العصر الطباشيرى • بمعنى آخر : كانت الحياة الحيوانية فى العصر الطباشيرى قد تطورت فى عالم يزودها بغذاء من عاريات البذور •

اما النباتات الزهرية الحقيقية (مغطاة البذور) فقد كانت موجودة في بداية العصر الطباشيرى – ويبدو انها ظهرت أول ما ظهرت في منتصف العصر الجوراوى ، وربما في بدايته ، لكنها لم تكن شائعة • وهى لم تصبح شائعة الا في منتصف هذا العصر ، وعلى نهاية العصر الطباشيرى غدت هى السائدة في كل القارات ، وما زالت هكذا حتى الآن • هل من الممكن أن يكون التغير قد حدث فجأة ؟ •

ان الفارق الأساسى بين عاريات البذور ومغطاة البذور يكمن في طريقة التكاثر • فعاريات البذور تعطى مبايض كبيرة عارية وبذورا عارية ومغطاة البذور تعطى بويضات صغيرة محمية داخل مبيض ، وبذورا داخل ثمرة • ببساطة : تتكاثر مغطاة البذور بشكل أكثر كفاءة • ونجاحها أمر لاشك فيه ، بغض النظر عما اذا كان هذا هو السبب • ولقـــد انتشرت بسرعة : فبعد أن كانت نادرة في بدء العصر ، أصبحت شائعة بعض الشيء على منتصفه ، ثم – وفى الخمسة عشر أو العشرين مليون سنة الأخيرة منه – احتلت تقريبا كل مواطن النباتات المتاحة • كان نجـــاح مغطاة البذور نجاحا ساحقا ، وكان بالمعيار الجيولوجى نجاحا مفاجئا • سمح تميزها الأول لها بأن تحتل المواقع المرتفعة ، ولكنها في نهـاية العصر كانت موجودة في الوديان أيضا ، بل وسيطرت عليها •

أمن الممكن أن يكون لهذا التغير أثر معاكس على حياة الحيوان ؟ يمكن بالتأكيد • اننا نعرف اليوم أن عشيرة الثدييات ، وهى المتعـددة الكفاءات تختلف كثيرا بغابات الصنوبريات (العارية البـذور) عنهـا بغابات عريضات الأوراق (المغطاة البذور) • ولا يحتـــاج الأمر من الحيوانات الكثير من التخصص لتحصل على غذائها من نوع من النبات ولتجد نباتات أخرى غير مستساغة ، أو حتى سامة • ونحن البشر الذين تطورنا بين النباتات مغطاة البذور – نأكل مغطاة البذور ، وتأكلها أيضا حيواناتنا الزراعية ، اما عاريات البذور فتزودنا بالأخشاب ، وبالقليل جدا مما يمكننا أكله • لماذا نفترض أن الحيوانات آكلة الأعشاب في العصر الطباشيرى كانت أفضل منا كفاءة في هذا المضمار ؟ واذا ما كان نمط النباتات قد قلل من أعداد آكلات الأعشاب ، فاننا نتوقع أيضا أن تنخفض أعداد اللاحمات ، بسبب اختفاء غذائها •

اننا نعرف أن النمط النباتى قد تغير ، وأنه قد تغير بسرعة • والسؤال الذى يلزم أن نطرحه هو ما اذا كان هذا التغير قد تم سريعا بحيث يفسر كل هذا الانقراض العظيـــم الذى حـــدث في النهاية الأخيـــرة للعصر الطباشيرى • ان هذا يبدو بعيد الاحتمال • فحتى لو كان هذا التغير هو

السبب ، أو كان يشكل جزءا هاما من السبب ، فانه يترك دون تعليل اختفاء الأحياء البحرية التى لم تكن تعتمد على النباتات الأرضية ٠

ربما تكون تغيرات المناخ قد سهلت ــ ولو جزئيا ــ نجاح النباتات المغطاة البذور ٠ ولقد كان العصر الطباشيرى عموما فترة أجواء معتدلة ٠ كان وجود الجليد ــ بفرض وجوده ــ أمرا غير شائع ٠ لم تكن ثمة قمم جليدية قطبية ، لم تكن ثمة أنهر جليدية ٠ كان متوسط درجات الحرارة فى المناطق بين ٤٠ و ٥٠ درجة من خط الاستواء يزيد عن ١٠ درجات مئوية معظم هذا العصر ٠ كانت نباتات جرينلاند والاسكا هى النباتات النموذجية التى نربطها بالمناطق الباردة والتحت استوائية ٠ كان الجو فى بدء العصر ابرد حقا ، ثم ان درجة الحرارة قد انخفضت عند نهايته ، لكنها بالرغم من ذلك لم تنخفض ابدا عن الحرارة التى تعودنا عليها اليوم ٠ جاءت العصور الجليدية فيما بعد ٠ ازدهرت الغابات الكبرى ، ثم سقطت فى المستنقعات ، وضغطت لتكون حقول الفحم ٠ وهذا يعنى أن المناخ كان رطبا على العموم ٠

كانت الظروف اذن مثالية لظهور غطاء أخضر وافر النماء ، ولنجاح الحيوانات التى تتغذى عليه ٠ كان المناخ المعتدل ملائما على وجه الخصوص للحيوانات متغيرة درجة الحرارة ، فالحرارة لا تنخفض ابدا الى الدرجة التى تتطلب تدبيرات خاصة لضمان البقاء ــ كالبيات الشتوى أو الهجرة ــ وهى ان ارتفعت للحد الذى يضايق ، فثمة ظلال كثيرة بين النباتات ، وثمة مياه وفيرة للاستحمام ٠

بعد أن ذكرنا هذا ، يصبح من الضرورى أن نقيده ببعض من الحرص ٠ ذلك لأن فكرة « متوسط درجة الحرارة السنوى » قد تكون فكرة مضللة ٠ فثمة مكان بداخله لتباينات محلية هائلة ، ومن الممكن داخل هذا التباين أن يتدهور المناخ فى المناطق بعينها فجاة وبحدة فى الوقت الذى يكون فيه الأثر بسيطا على المناخ ككل ٠ وهناك من الأسباب ما يسمح لنا بالفرض بحدوث مثل هذه الوقائع المحلية ٠

ما زالت القارات على العموم تحتل تقريبا نفس مواقعها على خطوط العرض التى كانت عليها فى العصر الطباشيرى (كان التزحزح أساسا الى الشرق والغرب) ٠ وكانت مساحة الأراضى الجافة فى أوائل هذا العصر اكبر منها الآن ٠ ورويدا رويدا طغى البحر على الأرض فنقصت المساحة الكلية للأرض الجافة على نهاية العصر ٠ ولقد أدى المناخ المعتدل الرطب الى تآكل الجبال التى تكونت فى العصر الجوراوى ٠ وتكونت جبال جديدة فى بعض المناطق فى أوائل الطباشيرى بشمال أمريكا الغربى

واوروبا واليابان ، وحدث ذلك أيضا وبشكل أكثر اثارة على نهـــاية العصر ، اثناء ثورة حركات تكوين الجبال قرب بداية الحقب الحـــديث (السينوزوى) تلك الثورة التى نتجت عن التحـــركات الكبيرة لقشرة الأرض لتنشأ عنها جبال روكى ، ولقد صحبها أيضا رفع عام للأرض بمناطق مختلفة وتكوين سلاسل جبلية أخرى • كان المحيط الأطلسى فى سبيله الى الانفتاح خلال العصر الطبـــاشيرى وبذا كانت البحـــار فى سبيلها الى التغير أيضا ولعل أهم ما حدث فى نهاية هذا العصر هـو انفتـــاح بحـر طويل ضـــحل فى قلب أمريكا الشـــمالية يربـط خليج المكســـيك بالمحيط المتجمـد الشـــمالى ، وكذا انفتاح ذراع بحـرى ضحل امتد فى قلب افريقيا ليربط بحر تيثيز (بقايا المحيط الذى كـان يفصل يوما القارات الشمالية عن الجنوبية) بجنوب المحيط الأطلسى •

لابد أن مثل هذه التغيرات قد أثرت فى المناخ محليا ببعض المناطق• ان التغير فى تيارات المحيط عندما انفتحت اذرع جديدة تربط بحارا كانت قبل منفصلة لابد أن يتسبب فى وصول تيارات باردة ودافئة الى مناطق لم تتعود عليها ، ولما كانت ملوحة البحار جميعا ليست واحدة ، فربما تغيرت الملوحة أيضا ، الشىء الذى قد يؤثر فى الكائنات البحرية • ان علماء المناخ ـ حتى فى أيامنا هذه ـ لا يستطيعون أن يحسبوا بدقة وبتفصيل الأثر الذى تسببه حرارة المحيطات على كتل الهواء ، وبالتالى على المناخ• لا أحد يشك فى وجود مثل هذا الأثر وفى أن له أهمية قصوى • اذا ما تغير توزيع الماء البارد والدافىء فلابد أن يتبعه تغيرات فى المناخ ـ وان كان علينا أن نتذكر أن الفارق بين حرارة الماء الدافىء والبارد فى العصر الطباشيرى المعتدل الخالى من الجليد ، كان أقل منه اليوم •

يؤثر ظهور الجبال على المناخ بطرق ثلاث • فلأن تكوين الجبـال يعنى رفع أرض فوق المستوى الذى كانت تشغله من قبل ، فانه يتسبب فى نشأة أوضاع جديدة • فالجبال نفسها ستؤثر فى حركة الكتل الهوائية ، لتخلق أماكن مستورة عن المطر ، على جوانبها المحجوبة عن الريح ، وظروفا أكثر رطوبة على جوانبها الأخرى • كما أن عملية بناء الجبـال نفسها لابد أن يصحبها نشاط بركانى متزايد ، الشىء الذى ينتج عنـــه تطاير الغبار والجسيمات الصغيرة فى الغلاف الجوى ، مما قد يسبب خفضا فى الحرارة ، وان كان الأغلب أن يتسبب فى زيادة الحرارة • وربما كانت مثل هذه التغيرات هى السبب فى تدهور المناخ الذى وســـم الجزء الأخير من العصر الطباشيرى ، أو ربما ساهمت فى ذلك • ولقد رأينا أن هذا التدهور فى حد ذاته لم يكن خطيرا ، فالتدهور الحقيقى قد حدث بعد ذلك بفترة طويلة •

فى مناقشتنا لأثر التغير فى المناخ على الكائنات الحية ، لا يصح أن نغفل الأسباب المحتملة للتغير المناخى ذاته · فنحن لا نستطيع أن ندعى بالا علاقة لها بالموضوع ، ذلك انه من المحتمل أن تكون الواقعة الفجائية نفسها – والتى نفترضها كبديل معقول للتغير التدريجى الذى يؤدى الى الانقراض – أن تكون قد احدثت تغيرا فى المناخ – فجائيا ·

وليست تغيرات المناخ هى السبب الوحيد الممكن لتدهور الموطن ، فاذا ما كانت مساحات البحار قد ازدادت ، فلنا أن نفترض أن هذا قد تم باغراق الأراضى الواطئة ، التى قد يكون معظمها مستنقعات · ومثل هذه العملية قد تحطم مواطن الكائنات التى تفضل العيش بالمستنقعات ، كما ستختفى مواطن أخرى بازدياد تعدى البحر على اليابسة ·

هل ادى تحطيم الموطن الى الانقراض ؟ من المحتمل أنه قد أدى فعلا الى بعض الانقراض ، فقد تقاسى الحيوانات التى تقضى جزءا من حياتها فى المياه الضحلة · لكن هذا لا يحدث الا اذا افترضنا أن تعدى البحر كان مفاجئا ، وأنه وصل بسرعة الى أراض شديدة الانحدار ، بحيث تختفى المياه الضحلة تماما ، ولا تتحرك تدريجيا من موقع الى آخر · ربما حدث مثل هذا التحطيم السريع فى بعض المواقع ، لكن الأغلب أنه كان تدريجيا فى معظم المناطق ·

حدث رفع الأرض – هو الآخر – تدريجيا · ونحن نعرف ذلك من خبرتنا · فجبال أواسط آسيا – كجبال كاراكورام – ما تزال تدفع الى أعلى ، لتضم الأراضى الى جنوبها الى كتلة الأراضى الأسيوية الرئيسية· وعملية بناء الجبال هذه مستمرة منذ ملايين السنين · وقد يكون هذا أمرا فجائيا بالمصطلحات الجيولوجية ، ولكنه بمصطلحات الكائنات الحية أمر تدريجى ، أبطأ من أن يلاحظ · كيف تستجيب الحيوانات طبيعيا للتدهور البطىء فى ظروف حياتها ؟ بالهجرة ، بحثا عن ظروف أفضل فى مواقع أخرى · ومثل هذه الهجرة – بالطبع – ليست بحثا متعمدا ، اذ تنحو الأفراد ومجاميع الأفراد الى التركز فى أفضل المناطق المجاورة ظروفا ، لتوسع من مواقعها حيث تسمح الظروف · انها لا تنقرض الا اذا اختفت منطقة الموطن ولم تجد فى جوارها مكانا ملائما · ان المفتاح يكمن فى المعدل الذى تتغير به البيئة ·

وحتى هذا ، يصعب علينا منه أن نتخيل العملية قادرة على احداث الانقراض فى مجموعة كاملة من الأنواع · ان تحطيم موطن معين قد يزيل الأنواع التى تعيش به ، فاذا لم نفترض أن هذه الأنواع محصورة تماما داخل هذه المنطقة الجغرافية وحدها ، فسيستمر بقاؤها فى مواطن

اخرى بمواقع اخرى من العالم · قد نتصور مثـــلا أن تجفيف الأراضى الساحلية المبتلة فى ماليزيا سيحطم غابات المنجروف ، وبالتالى ستنقرض الانواع التى تعتمد على ظروف هذه الغابات · فهل الآلية التى ستجفف هذه الأراضى المبتلة ستجفف أيضا الأراضى الساحلية المبتلة فى كـل آسيا الاستوائية ؟ هل ستجفف الأراضى الســـاحلية المبتلة التى تهيىء ظروفا مشابهة فى أفريقيا الاستوائية وأمريكا الاســـتوائية ؟ اذا كان لأشجار ابن سيناء (المنجروفية) أن تندثر فلابد أن تعمل العوامل المسببة لانقراضها على مستوى الكرة الأرضية لتعطى نفس النتائج فى كل مكان· ان اكبر تغير نعرفه فى المناخ ـ غير العصر الطباشيرى ، طبعا ـ هـــو التحولات الرئيسية الى الجليد ، ولكن ، حتى هذه لم تسبب ذلك · لقـد قضت على أنواع عديدة من مناطق شاسعة على خطوط العـرض العليا ، لكن هذه الأنواع استمرت باقية ، بالرغـم من صغر عددها ، على خطـوط عرض أدنى ، لتعود فتستعمر مناطقها الأصلية عندما تراجع الجليد ·

غير أن التغير السريع محتمل · ولقد رأينا أن ثمة تغيرا سريعا يحدث فى وقتنا الحالى ـ أساسا نتيجة للنشاط البشرى ، بمعدل سيعتبره بعض علماء الحفريات فى المستقبل معدلا فوريا · وسيكتشف الحفـرى أيضا التغيرات البيئية الهائلة التى سببت الانقراض · أما فى حـــالة الانقراضات التى حدثت بالعصر الطباشيرى فسنواجه بأدلة هى على أفضل الحالات غامضة · ربما كان هناك انقـــراض بسبب التنافس · والمؤكد أن قد حدثت تغيرات بيئية · المؤكد أن المناخ قد تغير ، حتى ولو كان التغير ضئيلا على مســـتوى الكرة الأرضية · لكنـــا بعد ما نجد التبريرات المعقولة للانقراضات التى حدثت على طول العصر الطباشيرى، سيظل الانقراض الفجائى باقيا أمامنا دونما تبرير ·

على أننا فى النهاية لابد أن نعالج احتمال حدوث تغير بيئى ضـــخم كان سريعا وقصيرا ـ ربما اصطحب معه تغيرات مناخية · دعنا نفترض مثلا أن شدة الاشعاع الشمسى الذى يتلقاه سطح الأرض قد انخفض فجأة قل مثلا ، لمدة عشر سنين أو حتى أقل · سينتج عن هذا انخفاض هائل فى التمثيل الضوئى ، ونحن نعرف أن الانخفاض الطفيف فى درجة الحرارة الذى حدث فى نصف الكرة الشمالى بين الأربعينات والستينات من هذا القرن قد قلل نحو عشرة أيام من طول موسم نمو نباتات المحاصيل عـــلى خطوط العرض العليا · فاذا ما افترضنا اظلاما أطول كثيرا ، فاننا نتوقع أن يتزايد الأثر بالتناسب · سيموت الكثير من النباتات لقلة الطاقة ·

فاذا استمر الاظلام فترة كافية ، فستموت البذور الساقطة على الأرض ٠ قد تنقرض نباتات ٠ ويكاد يكون من المؤكد أن العواشب الكبيرة ــ التى تحيا على هذه النباتات ــ ستقاسى ، ومن خلال هذه الحيوانات ستقاسى بدورها اللواحم ٠

لكن هذا الجدل يخلق لنا صعوبة طفيفة هنا ٠ ان مغطاة البذور الحديثة توجد على طول العالم وعرضه ، ولكن عاريات البذور الباقية تترعرع اكثر ما تترعرع فى الغابات الصنوبرية بخطوط العرض العالية، حيث الشتاء طويل وبارد ٠ وفى أثناء عصور التثلج رسخت الغابات الصنوبرية على خطوط العرض الدنيا ، لتمتد أحيانا حتى المناطق الاستوائية ٠ ولذا فربما توقعنا أن أى انخفاض واضح فى شدة ضوء الشمس سيؤدى الى محاباة عاريات البذور ٠ غير أن مغطاة البذور هى التى بقيت ٠ أضف الى ذلك أنه اذا ما كانت حيوانات العصر الطباشيرى مكيفة أساسا لأكل النباتات عارية البذور ــ ولابد وأن كانت كذلك ــ فان عودة تلك النباتات نفسها سيكون فى صالح الحيوانات ٠ كان المفروض أن تنقرض الثدييات !

ربما استطعنا أن ننقذ أنفسنا من هذه الورطة ٠ لو أن انخفاض شدة ضوء الشمس كان هائلا فعلا ولكنه كان قصيرا ، اذن لتمكنت بذور مغطاة البذور من البقاء حية لتنبت عندما يتحسن الجو ، بينما لا تجد بذور العاريات أى ميزة ، لأن هذه الظروف المؤقتة ستكون مستحيلة تماما بالنسبة لنمو النباتات ٠

لكنا مع هذا نفترض آلية عن طريقها تنتشر فى الغلاف الجوى كميات هائلة من الجسيمات ٠ اننا نفترض فى الحقيقة وقوع حادثة رهيبة كانت لها آثار الكارثة ٠ لقد هجرنا النظرية التدريجية ٠

ان نظريات التدريجيين المرتكزة على تغيرات المناخ وما يتبعها من اضطراب ايكولوجى تنهار فى النهاية أمام حقيقة أن العصر الطباشيرى كان خاليا من التثلج ٠ من الجائز أن يكون المناخ قد تدهور ، لكن التدهور الحقيقى الخطير لابد أن يتضمن تحول مقادير ضخمة من الماء من الحالة السائلة الى الحالة الجامدة : من السائل الى الثلج ٠ وهذه ظاهرة لها قوة استرجاعية ايجابية ٠ تعكس الثلوج ضوء الشمس ، فلها اذن اثر مبرد ، يؤدى الى زيادة كمية ما يتكثف ويسقط كثلج ، وهذا بدوره يزيد من المساحات التى تعكس أشعة الشمس ، فتتسارع بذلك العملية ٠ اننا نعرف الكثير عن آثار التثليج الحديثة ٠ فاذا كان ثمة اثر للمناخ يؤدى الى الانقراض فلابد أن يعود الى هذه التثلجات لأنها أكثر التغيرات المناخية الطبيعية أثرا وسرعة ٠ والحقيقة أن عدد الأنواع التى انقرضت كان

محدودا جدا ، بالرغم من أن الكثير قد دفع بعيدا عن المناطق التى يحيا بها ، من موت أعداد كبيرة من الأفراد ، لأن المناخ الدافىء كان مقصورا على خطوط العرض الصغرى • فاذا لم نفترض بأن التثلج قد مضى ليصل حتى خط الاستواء ، فستوفر المناطق الاســـتوائية مواطنا تكفى لايواء عشائر من معظم الأنواع ، فاذا ما تحسنت الظروف مرة أخرى فيما بعد ، فستعمل هذه العشائر كنوايا للتكاثر ، تنتشر لتستعمر مواطن جديدة •

يبدو اذن أنه بينما نستطيع أن نعزو الكثير من الانقراضات التى حدثت خلال العصر الطباشيرى الى أسباب تدريجية ، الا أن مثل هذه الأسباب لا يمكنها أن تفسر على نحو مرضى كل ما حدث من انقراضات ، وعلى وجه الخصوص فهى لا تستطيع أن تفسر الانقراضات الجماعية التى حدثت فى نهاية العصر وتحدده ـ وتذكر انها لم تكن مجـــرد انقراض للزواحف وانما انقراض كثير من الأنواع •

وأخيرا فان التفسيرات التدريجية تعجز عن تبرير الشذوذ الكيماوى فى صلصال التخوم • والحقيقة انه لا يلزمها أن تبرره ، لأنه اذا ما ثبتت صحة التفسير التدريجى ، فمن الممكن أن نفترض آلية تبرر ترسيب المواد بكميات وفيرة ، من مصدر من خارج الأرض لم يسبب اية كارثة • لو أن جسما تحلل مثلا فى المناطق العليا من الغلاف الجوى الأعلى ، فربمـا كان فى مقدوره أن يضع الكمية المطلوبة من المادة فى الغلاف الجـــوى لتسقط ـ ربما بسرعة ـ وتكون طبقة متميزة على سطح الأرض ، وتغوص فى البحار لتكون طبقة متميزة مشابهة فى رسابة قاع البحر •

ثمة لطمة واحدة أخيرة ـ مدمرة ، يصعب على جدل التدريجيين أن يبرأ منها • اذا ما انقرض نوع فاننا نتوقع اما أن تختفى تماما المنـاطق التى كان يحيا بها، فلا تحتلها أنواع أخرى، أو أن يحدث فراغ ايكولوجى، يمتلىء بتزايد الأنواع الموجودة أو بأنواع جديدة التكوين • ولقد تكونت أنواع جديدة حلت محل القديمة فى حالة الانقراضات التى حدثت بالعصر الطباشيرى • ولابد أن يتوازى معدل الاستبدال ـ تقريبا ـ مع معـــدل اختفاء الأنواع القديمة • ولقد نفترض بأن الوضع قد مضى هكذا فى نهاية العصر الطباشيرى وبداية الحقب الثالث • لكن ما نلحظه عند فحص الشواهد هو تدهور سريع فى أعداد الأنواع عند النهاية الأخيرة للعصر الطباشيرى ، يتلوه تزايد له نفس السرعة فى عدد الأنواع الجديدة فى مطلع الحقب الثـالث •

ان هذا يقترح بقوة أن الانقراضات الطباشيرية كانت هائلة ، فجائية، سببتها حادثة عارضة وقعت ، أعادت المناطق التى فرغتها من الكائنات لتمتلىء ثانية • اننا نتفحص فى الحقيقة نتائج كارثة •

الفصل الرابع

السحب والمذنبات والنيازك

هل خدعنا انفسنا ؟ هل من الممكن ان يكون انقراض كل هذه الأعداد الغفيرة من الأنواع بنهاية العصر الطباشيرى قد حدث نتيجة عملية تدريجية ؟ لا يجب أن نخطىء فنفترض ان الأسباب التدريجية لا تستطيع ان تنتج آثارا فجائية ، فالحقيقة أن فى مقدور دارسى نظرية الكارثة ان يقدموا المثال تلو الآخر يثبتون به عكس هذا ٠

يمكن ان نلخص كل أمثلتهم ـ بطريقة غير علمية على الاطلاق ـ بقصة القشة التى قصمت ظهر البعير ٠ لعلك تتذكر القصة ، كان الحيوان الصبور محملا بأثقال فوق أثقال ـ وكان الحمل يتزايد تدريجيا بمقادير ضئيلة ، الى أن وصلنا مرحلة كانت اضافة قشة واحدة ـ ووزنها أقل من أى مما حزم فوقه ـ كافية كى تقصم الظهر ٠ لم تتغير العملية التدريجية، لم تتغير شدتها ، ورغم ذلك فقد تسببت بعد مرحلة معينة فى كارثة مفاجئة ٠ ربما كان هذا المثال خياليا ، لكن العالم من حولنا يقدم من الأمثلة الكثير مما هو ليس كذلك ٠ أن انهيار جسر نتيجة اجهاد تحمله صابرا سنين طويلة لا يختلف عن انهيار الجمل التعيس ٠ ان هذا يمكن يحدث ٠ بل انه يحدث ٠

هل حدث هذا على نهاية العصر الطباشيرى ؟ اننا لا نعتقد ذلك ٠ اننا نعتقد أن الأثر الفجائى قد نجم عن مسبب فجائى ٠ أما سبب اعتقادنا هذا فلا يرجع الى اننا لا نحب أن نعزو الآثار الفجائية للأسباب التدريجية، وانما لأننا لا نجد آلية تدريجية يمكن ان تكون فعالة فى ذلك الوقت وتكفى كى تبرر النتيجة تبريرا معقولا ٠ ربما لم يكن هذا وحده سببا كافيا لاقناعنا ـ فنحن على أية حال لا نستطيع ان نعرف كل ما كان يحدث فى العالم منذ ملايين عديدة من السنين ٠ ان الذى دفعنا الى أن نهمل النظرية التدريجية فى النهاية هو أن الأسباب الفجائية تبدو أكثر معقولية ٠

لا ولا نحن نفترض أن الجميع يشاركوننا هذا الاقتناع ، بل وليس هناك حتى اجماع عام بين الحفريين على حدوث عدد كبير من الانقراضات على نهاية العصر الطباشيرى ٠. ثمة اضافات يلزم أن نذكرها عن شواهد الأحـافير ٠

يصر بعض الحفريين على أن الشواهد على الانقراض الفجائى هى مجرد شواهد عرضية واهية ٠ ولقد لخص هذه النظرة توماس ج٠م٠ شوبف (سنة ١٩٨٠) وهو واحد من كبار الثقاة فى هذا الموضوع ، كما يعضدها ج٠ دافيد أرشيبولد (سنة ١٩٨١) ٠ هم يقولون ان الحيوانات البحرية التى تأثرت كانت هى تلك التى تعيش فى المياه العليا ، قريبا من السطح ، وأن الانقراض كان أقسى ما يكون فى المناطق الاستوائية وشـبه الاستوائية ، مقارنة بالمنـاطق المعتدلة ٠ وهـذا يشير الى أن الأنواع البحرية قد تحطمت بسبب تغير ضخم فى المياه السطحية فى تلك المناطق٠ ولقد كان الكثير من هذه الأنواع ــ كالامونايت ــ يتدهور منذ فترة ، وبذا تصبح حقيقة حدوث الانقراض فى العصر الطباشيرى الحديث ــ وليس فى طبقات الحقب الثالث القديم ــ تصبح ولا علاقة لها بالموضوع : فلابد وأنها كانت ستنقرض فى نهاية الأمر ٠ وعلى أية حال فان حقيقة عـدم عثورنا على أية أحافير للامونايت بعد العصر الطباشيرى لا تثبت عدم وجودها بعد نهايته منذ ٦٥ مليون سنة مضت ، فربما لم تحفظ بقاياها ، وربمـا حفظت فى صخور لم نفحصها بعد ٠ صحيح بالطبع أن غياب الامونايت فى طبقات الحقب الثالث لا تثبت أنها لم تحيا بعد العصر الطباشيرى ، الا أنها لا تثبت أيضا أنها قد عاشت بعده !

أما بالنسبة للزواحف الأرضية فالمعتقد أن الانقراضات كانت قاصرة على مناطق النهر وسهول الفيضان ، قريبا من النهر الضحل الذى كـان يقسم شمال أمريكا ، اذ يفترض أن مستوى النهر قد انخفض نحـو مائة متر ، الشىء الذى تسبب فى تجفيف المواطن المبتلة لتحدث تغيرات واسعة ــ وان كانت محلية فى المجتمعات النباتية (الفلورة) ، وليجعل المناخ موسميا بشكل أوضح ٠ فيجتمع هذا كله ضد الحيوانات الضخمة التى تحتاج مساحات شاسعة من الأرض كيما تقيم حياة عشيرة تكاثرها ٠ وعلى هذا ، فنحن هنا نتعامل مع لا شىء أكثر من اندثار عشرين نوعا أو نحو ذلك ، كانت على أية حال حبيسة منطقة بعينها ٠

لكن جدل التدريجيين يعجز عن الاقتنـــاع ٠ ان التغير الكبير فى المستويات العليا من البحار الاستوائية وشبه الاستوائية يحتاج الى تبرير٠ والواضح أن هذا التغير قد حدث فجأة ٠ والحق أنه يتوافق جيدا مـع

الأثر الذى نتوقعه من زيادة فجائية فى شدة الاشعاع المؤين أو الفوق بنفسجى (الاشعاع المؤين اشعاع كهرومغنطيسى ـ يشبه الضوء أو الحرارة ـ به من الطاقة ما يكفى لاقلاق تركيب الذرات فتفقد أو تكتسب بعض الالكترونات ، لتكتسب بذلك شحنة موجبة أو سالبة ، وهذا يسرع من تفاعل الذرات مع بعضها ، وقد يتلف كيمياء الخلايا الحية) • هذا الاشعاع قد يحطم اذن البلانكتون النباتى أو الفيتوبلانكتون (النباتات المعلقة فى الماء) التى تعيش قرب السطح ـ وربما معها أيضا الكثير من البلانكتونات (النباتات والحيوانات الصغيرة التى تعيش بالطبقات العليا من البحار والبحيرات) • وكل ما يقتل البلانكتون النباتى على نطاق واسع سيظهر صداه خلال شبكة الغذاء المائى كله ، وسيحدث الصدى بسرعة رهيبة حقا •

والبلانكتون النباتى على أية حال هو النباتات الخضراء التى تحيا بالماء ، وتتغذى عليها العواشب ، لتغذى بدورها اللواحم من كل صنف فى مجموعة من العلاقات هى أكثر نشاطا فى البحر عنها فى أى مكان على اليابسة • وتكتمل الشبكة بأنواع أعماق المحيط التى تحيا تحت المستوى الذى ينفذ اليه الضوء • وشبكات غذائها تعتمد على ما يصل فى صورة مواد تتدفق من طبقات الماء العليا • ثمة آثار موازية قد تحدث بين الأنواع التى تعيش على اليابسة •

اننا نتوقع آثارا جانبية لأية واقعة تكون نتائجها من العنف بحيث تؤدى الى انقراض الكثير من الأنواع • من بين هذه الآثار الجانبية هناك التغير فى التوازن بين الأكسيجين وثانى أكسيد الكربون فى الجو • لو أن موت البلانكتون النباتى قد صاحبه موت الكائنات الدقيقة التى تحلل المادة العضوية بالأكسدة ، أو لو أن هذه الكائنات قد نجت فى بادىء الأمر ثم غمرها حجم المواد التى تواجهها فتزايدت أعدادها حتى لتصبح المياه التى تحيا بها وقد نضب منها الأكسيجين ، اذن لكانت النتيجة هى أن يدفن الكربون لتتزايد نتيجة لذلك كمية الأكسيجين فى الهواء • سيكون لهذا آثاره على المناخ ، كما رأينا •

علينا الا ننسى أبدا أننا سنجد فى بحثنا عن حلول لحوادث تؤثر فى النباتات والحيوانات عديدة الخلايا ، أن الكائنات وحيدة الخلية هى ـ فى التحليل الأخير ـ من ينظم البيئة • هى قد لا تترك سجلات خلفها ، لكن هذا لا يقلل من أهميتها ، أما الآثار التى يمكن ملاحظتها فقد تكون ناتجة عن تغيرات بين العشائر الدقيقة نجمت عن أسباب قديمة فاتنا أن نلحظها •

لو أن الزواحف الكبيرة عاشت وانقرضت فقط فى جزء من شمال أمريكا ، اذن لعضد جدل التدريجيين · لكن ، هل هذا صحيح ؟ يقول ا·س· رومر فى كتابه « علم حفريات الفقاريات » سنة ١٩٦٦ (الذى يعتبر المرجع الرئيسى فى هذا الموضوع) يقول انه من بين الكارنوصورات التى عثر على بقاياها فى طبقات العصر الطباشيرى الحديث هناك أجناس عديدة عثر عليها فى شمال افريقيا وفى شرق آسيا وجنوبها وجنوب أمريكا · والكثير من هذه الأجناس قد عثر عليه أيضا فى شمال أمريكا · لكن ليس ثمة من سبب يدعونا للفرض بأن وجودها كان يقتصر على هذه القارة · ولا يحتاج الأمر منا أن نفحص مجاميع أخرى من الزواحف ، لأن وجود الكثير من اللواحم الرئيسية انما يعنى وجود العواشب التى عليها تتغذى ·

علينا أن نتفحص مختلف الأسباب المحتملة لواقعة فجائية · ثمة أسباب عديدة ، لكل منها ـ فى الأوقات المختلفة ـ حوادث ملازمة · وكلها يتطلب تدخلا من خارج الأرض ، الا واحدا قد يبدو أنه لا يتطلب مثل هذا التدخل · وسنفحص هذا أولا ·

من المعتقد أن اللب الداخلى للأرض يتكون من حديد مصمت مع بعض النيكل ، أما اللب الخارجى الذى يغلفه فهو مكون أساسا من الحديد · واللب الخارجى أقل كثافة من الداخلى ويعتقد أنه مصهور ـ وان كان الفارق بين الكثافتين أكبر من أن يعزى الى مجرد الاختلاف بين كثافتى المعدن المصهور والمصمت · تتسبب الحرارة المولدة داخل اللب فى تحركات معقدة للحمل الحرارى باللب الخارجى ، يغذيها دوران الأرض · كما تسبب مباشرة الأرض تحركات دوارة فى اللب الخارجى · واذا ما كانت الأسباب معقدة فان التحركات ـ التى لا نستطيع أن نلاحظها ملاحظة مباشرة ـ ستكون بالطبع أكثر تعقيدا ـ وان كنا نعرف آثارها · من المعتقد أن اللب الداخلى والخارجى سويا يكونان نوعا من الدينامو الذاتى التنشيط ، ينتج مجالا مغنطيسيا · لكن الأرض ليست مغنطيسا مستديما ، وهى لا يمكن أن تكون كذلك ، لأن الحرارة داخل اللب تتعدى نقطة كورى ـ وهى درجة الحرارة التى يفقد عندها المعدن خصائصه المغنطيسية · والمجال المغنطيسى الذى تحدثه يتباين كثيرا فى الشدة والاتجاه على المدى الزمنى الطويل · كما أن شدته على السطح تختلف من مكان الى آخر ·

عندما تصل الى السطح مادة الوشاح (وهى المنطقة تحت قشرة الأرض) وتتصلب لتكون الصخور النارية ، فانها تسجل اتجاه المجال المغنطيسى للأرض عند التصلب · فالحرارة فى باطن الوشاح تحفظ على

درجة اعلى بكثير من نقطة كورى الخاصة بها ـ وهذه فى حالة الصخر المغنطيسى منخفضة فعلا • فاذا ما وصلت سطح الأرض بردت وتصلبت ، ويتقدم تبريد الصخر الصلب تصل الحرارة الى نقطة كورى فتصف الذرات نفسها داخل الصخر تبعا للمجـــال المغنطيسى الذى تجـــد نفسها فيه • وبازدياد برودة الصخر تفقد الذرات بالتدريج حرية الحـــركة ليحتفظ الصخر فى النهاية بترتيب الذرات داخله ، مسجلا بذلك اتجاه المجـــال المغنطيسى وقت التبريد • ومن الممكن تحديد هذا الترتيب بفحص الصخور، اذا وضعنا فى الاعتبار تحركات القشرة التى قد تغير من المواقع الأصلية التى كانت بها الصخور عندما بردت •

من سنين قليلة مضت كان الجيولوجيون يفحصون الصـــخور فى وسط الاطلنطى ليدرسوا الطريقة التى يتسع بها قاع البحر ، فاكتشفوا أن الترتيب المغنطيسى داخل الصخور يختلف باختلاف بعدها عن الحيـــد المرحزى ، ثم توصلوا الى أن قطبية المجال المغنطيسى للأرض كانت تنقلب على فترات غير منتظمة فى تاريخ الأرض : فيصبح الشمال المغنطيسى جنوبا والجنوب شمالا • فى مقدورنا أن نحدد عمر الصخر بالراديومتر (الذى يقيس نسبة عناصر مشعة معينة الى ما تئول اليه ـ عند الاضمحلال ـ من عناصر) وبدا أصبح من الممكن أن نعرف تاريخ الانقلابات فى المجال المغنطيسى • والانقلابات نفسها ليست فورية ـ فالمغنطيس لا « يتشقلب » ـ ولكنها تتم بسرعة كبيرة ، خلال فترة تبلغ ألف سنة أو ألفين •

لكن معظم الأبحاث المفصلة على انقلاب المجال المغنطيسى قد تمت باستخدام عينات من صخور عمرها أقل من ٦٥ مليون سنة ، وبذا فهى لا تخدمنا كثيرا • غير أنه قد أمكن كشف صورة عامة لتاريخ الأرض المغنطيسى تشير الى أن هذه الانقلابات تحدث دائما فى دفعات ، اذ يحدث البعض منها على فترات بينية قصيرة (جيولوجيا) ، ثم يمر وقت طويل دونما انقلاب • والمعتقد أن أواخر العصر الطباشيرى كانت فترة انقلابات، لكن فحص صلصال التخوم وصخورها ـ على كلا الجانبين ـ يشير الى عدم حدوث انقلاب على نهاية العصر الطباشيرى بالتحديد •

ما هى النتائج على سطح الأرض التى قد يؤدى اليها انقلاب المجال المغنطيسى ؟ يتلاشى المجال المغنطيسى تماما أثنـــاء حدوث الانقـــلاب ، والمفترض أن يتم هذا التـــلاشى بسرعة ليقيم نفســه مرة ثانية بسرعة • يفترض البعض أن المجال المغنطيسى يشكل حاجزا يحمى سطح الأرض من وابل يســـقط عليها من الجســـيمات الكونية المشـــحونة ـ من الرياح الشمسية ـ وأنه فى غياب هذا المجال قد يصبح هذا الوابل كثيفا •

غير أن الحقيقة هى ان اثر المجال المغنطيسى ـ الذى يمتد بعيدا فى الفضاء ليشكل المغنيطوسفير ـ اثر اكثر تعقيدا ، كما أن معظم الوقاية من الرياح الشمسية انما تأتى من الغلاف الجوى العـادى الذى يوجد بعيدا تحت المغنيطوسفير ، وليس عن المغنيطوسفير نفسه • وسواء انحرف الجسيم المشحون بسبب المجال المغنطيسى أو لم ينحرف ، فانه من الضرورى كى يصل الى سطح الأرض أن يكون منطلقا بسرعة رهيبة للغاية • ولابد قبل أن يصل سطح الأرض أن يصطدم بالكثير من جزيئات الغاز ، مرتدا من واحد منها الآخر ، حتى لو كان منطلقا بسرعة اكثر تواضعا ، ليفقد قدرته على اتلاف الخلايا الحية • وعلى هـذا يبدو أن فقدان المجـال المغنطيسى لن يكون له الا اثر معاكس ضعيف على كوكب يغلفه غلاف جوى (لن يكون الأمر كذلك بالنسبة لكوكب بلا غلاف جوى) •

اقترح مرة أن من بين آثار فقد المجال المغنطيسى استنزاف طبقة الأوزون فى المناطق العليا من الغلاف الجوى ، اذ أن هذا يسمح بزيادة تشعيع سطح الأرض بالاشعاع فوق البنفسجى • والاشعاع فوق البنفسجى ـ الموجود على النهاية ذات التردد العالى من الطيف ـ اشعاع خطر بالنسبة للحياة لأنه يتلف الخلايا الحية • لكن معظم العلماء قد تخلوا عن هذه الفكرة لسـببين •

اولهما : انه بتحسن تفهمنا لكيمياء الستراتوسفير (الطبقة العليا من الغلاف الجوى) اصبح من الواضح أن وهج الانفجارات الشمسية ليس له الا اثر ضعيف على التفاعلات التى تتضمن تكوين وتحطيم الأوزون •

وثانيهما : ان الآثار البيولوجية للاشعاع فوق البنفسجى قد بولغ فيها كثيرا • فنحن نعتقد مثلا ان الكائنات الحية فى التاريخ المبكر للأرض، قبل أن يثرى غلافها الجوى بالأكسيجين ـ أى قبل أن تتكون طبقة الأوزون بتفاعلات تتضمن الأكسيجين ـ كانت تستعمر اجزاء من سطح الأرض ، كما كانت الحياة وفيرة فى الطبقـات العليا من ميـاه البحر • ان قدرة الاشعاع فوق البنفسجى على الاختراق ضعيفة ، خصوصا فى الماء ، ولكن يبدو أنها لم تسبب أى اقلاق كبير للكائنات وحيدة الخلية التى كانت تعيش آنئذ فى مناطق لابد وأنها كانت معرضة لها ، وأن ثمـة مركبـات معينة ـ كانت موجودة بوفرة فى ماء البحر ـ كانت تمتص هذه الاشعاعات بكفـاءة •

اذا كان فى استطاعة الكائنات الحية أن تحمى نفسها من الآثار الضارة للاشعاع فوق البنفسجى ، افلا يمكن أن يكون هذا الاشعاع برغم ذلك مؤذيا للنباتات والحيوانات عديدة الخلايا ؟ افلا يمكن مثلا أن يخفض

من انتاجية البلانكتون النباتى البحرى أو النباتات على اليابسة؟ بصراحة، نحن لا نعرف ، ولكن ذلك محتمل · فبالرغم من وجود « حدود أمان » للكائنات الحية تسمح لها بتحمل تغيرات البيئة التى تتجاوز المقـــادير الصغيرة من التقلبات المألوفة ، فليس هناك من سبب يدعونا للفرض بأنها تستطيع تحمل التغيرات الضخمة التى لم يسبق أن تعرضت لمثلها أثنـــاء خبرتها التطورية · وعلى هذا فان الزيادة الطفيفة فى شدة الأشعة فوق البنفسجية قد لا تسبب ضررا خطيرا ، كما ان زيادة اكبر قد تسبب أيضـــا أذى محدودا اذا ما استمرت فترة قصيرة جدا من الزمن ، لكن زيادة كبيرة طويلة المدى قد تكون مدمرة حقا · واذا ما حدث مثـــل هذا الدمار فى النباتات ، فاننا لا نحتاج الى الاهتمام بالأثر المباشر لتعرض الحيوانات للاشعاع ، فحتى لو نجت من الأثر المباشر فلن يمكنها تجنب نتائج تغيـــر كبير فى قدر الغذاء المتاح ·

ونحن نقلل من أهمية هذا الخطر لا بسبب أنه ليس ثمة ظروف يكون فيها الاشعاع فوق البنفسجى ضارا ، وانما أساسا لاقتناعنا بأن الآلية التى يفترض أن تصل بها الأشعة الى سطح الأرض ليست مقبولة : فهذه الآلية لاتتوافق مع الطريقة التى تعمل بها تفاعلات الاســتراتوفير كما نفهمها الآن ·

على أنه يلزم أن نخفف من هذه الجملة ، ذلك أنه بالرغم من أنهـــا معقولة طالما افترضنا أن المصدر الأصلى للأشعة فوق البنفسجية هـــو الشمس ، الا أن الصورة تتبدل اذا لم تكن الشمس هى المصدر الوحيد · ان واحدا من انفجارات السوبرنوفا على مقربة من مجرتنا ، مثلا ، يمكنه أن يغرق الأرض بمقادير من الاشعاع ، تغمر كل آليات الحماية على كـــل المســتويات ·

هل من المحتمل أن يكون انقلاب المجال المغنطيسى مرتبطا بتغير فى المناخ ؟ هذا محتمل · فى سنة ١٩٧٨ اكتشف عالم بجامعة أريزونا علاقة عكسية بين شدة مجال الأرض المغنطيسى وكمية كربون ١٤ فى الغـــلاف الجوى ، وهذا يعنى زيادة فى الاشعاع الشمسى لأن الكربون ١٤ يتــكون فى الجو بسبب القذف الاشعاعى للنيتروجين · وفى نفس الوقت تقـــريبا وجد عالم آخر ــ فى مرصد لامونت ــ دوهيرتى الجيولوجى ــ أدلة تقول ان لشدة المجال المغنطيسى علاقة عكسية مع درجة الحرارة : فكلما ضعف المجال كان الجو أدفأ ، وليس هناك بالطبع من يقترح وجود علاقة سببية بين الظاهرتين · كان المناخ يتدهور فى نهاية العصر الطباشيرى ، هكذا تقول وجهة النظر المقبولة الآن ، صحيح أننا لا نستبعد احتمال حدوث فترة قصيرة يتحسن فيها المناخ ــ وفترة تبلغ ألف سنة أو ألفين تعتبر قصـــيرة

بالمقياس الجيولوجي الزمنى ــ غير انه من الصعب أن يكون هـــذا سببا لانقراض عدد كبير من الأنواع ٠

اننا لا نستطيع أن نقبل انقلاب المجال المغنطيسى فى حد ذاته ســببا فى الانقراض ٠ لكن مثل هذا الانقلاب ربما كان قد حدث فى ذلك الوقت، وبذا ترتبط الواقعتان ٠ ربما كانت ثمة حادثة سببت الانقراض ومعها انقلب المجال المغنطيسى ٠

أية حادثة يمكنها أن تفعل هذا ؟ اقترح أن قطبية المجال المغنطيسى قد تنقلب اذا ما اصطدم جسم ضخم (نيزك مثــلا) بسطح الأرض مسببا اضطرابا هائلا فى لب الأرض ٠ ان هذا أمر معقول يتوافق مع الصـــورة التى نبنيها ، لأن صدمة مثل هذه هائلة تسبب مثل هـــــذا الاضطراب ، ستكون لها بلا شك آثار رهيبة للغاية على السطح !

دعنا ننحى الآن جانبا هذه الصدمة الهائلة ، لأن هناك آليتين يمكن عن طريقهما أن ينقلب المجال المغنطيسى ، واحدة منهما تتضمن جســما سماويا ، وانما قبل الاصطدام ٠ دعنا نفترض أن جسما ضخما ســيدخل الغلاف الجوى بسرعة رهيبة جدا وهو يلف بسرعة شديدة جدا ٠ هذا أمر ليس مستحيلا ــ فلا يجب أن نفترض أن الكواكب وحدها هى التى تدور حول محاورها ! عندما يلاقى هذا الجسم الهواء فانه يؤين ذرات الغازات التى يرتطم بها ، بينما تؤين هذه ، الذرات على سطحه ، وبذا يصـــبح الجسم وقد غلفته سحابة تلف من الجسيمات المتأينة : سحابة بلازمية ٠ تعمل هذه السحابة كدينامو فائق لتعطى مجالا مغنطيسيا قويا جدا ــ وان كان قصير العمر ، فهو لا يبقى بعد الارتطام ٠ ومن المحتمل جدا أن تتسبب هذه الصدمة المغنطيسية العنيفة فى تغير مجال الأرض المغنطيسى ، وربما أيضا فى تغيير القطبية ٠

وانفجـــار سوبرنوفا فى جوار الأرض يسبب هـــو الآخر صدمة مغنطيسية هائلة تمزق مجال الأرض المغنطيسى ، ويمكن أن تقلبه ٠

نخلص من هذا اذن الى انه بالرغم من عدم وجود أدلة فى الوقت الحاضر تقودنا الى الاعتقاد بأن مجال الأرض المغنطيسى قد عكس قطبيته منذ ٦٥ مليون سنة ، فان هذا الاحتمال لا يمكن رفضه ٠ ليس هناك من سبب يدعونا للاعتقاد بأن الانقلاب فى حد ذاته سيسبب آثارا مؤذية ، أو أنه سيتسبب فى أى انقراض ٠ والحقيقة انه ربما يكون قد اصطحب معه تحسنا مؤقتا فى المناخ ، لكن ، بينما يصعب أن يؤدى الانقلاب الى أية آثار بيولوجية خطيرة ، فان سببه قد يقود الى هذا ، لأن هذا السبب قـد يكون هو مرور جسم ضخم ــ فى الغلاف الجوى ــ يتحرك بسرعة رهيبة،

أو هو انفجار لسوبرنوفا على مقربة . ها نحن ذا نتجه ثانية الى اقتحام من خارج الأرض .

ماذا يا ترى يكون السبب فى مثل هذا الاقتحام ؟ ومم يتركب ؟ ربما كان أقرب المشتبه فيهم : سحابة غبار ، أو انفجار سوبرنوفا ، أو تمارس قريب من جسم ضخم ، أو اصطدام .

رأينا فيما سبق أنه من الممكن أن تسبب سحابة الغبار آثارا على سطح الأرض ، غير أن السحابة المطلوبة ، التى ترسب طبقة من المعادن النبيلة فوق معظم سطح الأرض ، لابد أن تكون ذات مواصفات خاصة ، اذ يلزم أن يكون لها حجم معين وكثافة معينة . وليس هناك بمجرتنا فى المنطقة من حولنا سحابة تفى بالمواصفات المطلوبة . قد لا يكون هذا مهما . فربما تحركت السحابة بعيدا بعد وقوع الحادثة واختفت الآن بعيدا عنا . ان النظام الشمسى يتحرك داخل المجرة . فهل لا تزال السحابة القديمة تنتظرنا فى موقع ما بعيد ، ليتجدد لقاؤنا بها مرة أخرى فيما بعد ؟ أم يا ترى قد تسببت ملاقاتها بالأرض فى استنزاف مادتها لتصبح أصغر مما كانته وأكثر انتشارا ؟ سنعود مرة أخرى الى قضية هجرة النظام الشمسى خلال المجرة فى الفصل العاشر .

لأسباب سنشرحها حالا ، لابد وأن هذه السحابة كانت باردة ، كما أنها لا يمكن أن تكون قد تشكلت عن حادثة وقعت فى جوارنا .

اكتشف جاناباثى (مجلة ساينس سنة ١٩٨٠) فى فحصه لصلصال التخوم وجود نظيرين للأوسميوم (أوسميوم ١٨٤ وأوسميوم ١٩٠) بنسبة مميزة للمواد التى نشأت داخل النظام الشمسى . نحن نعلم أن الأوسميوم يمكن أن يتشكل فقط أثناء انفجار سوبرنوفا . وقد اقترح جاناباثى أن نسبة النظيرين عند تشكيل الأوسميوم تكون مميزة للظروف الخاصة المحيطة ، نعنى أن نسبة هذين النظيرين هى نسبة نمطية لواقعة سوبرنوفا معينة ، والحق أنها بصمة الواقعة . ولما لم يكن لدينا سبب واضح لاختلاف النسب ، فان احتمال أن يكون لاثنين من هذه الانفجارات نفس البصمة سيغدو أمرا مستبعدا جدا ، وعلى هذا فهو يعتقد أن النسبة بين النظيرين فى صلصال التخوم تشير الى أن الأوسميوم بها قد نشأ فى نفس انفجار السوبرنوفا الذى نتج عنه الأوسميوم الموجود بالأرض . بل وأيضا كل الأوسميوم الموجود فى كل مكان بالنظام الشمسى .

جدله مقنع . ولكنه لا يرقى الى مرتبة البرهان . نحن لا نستطيع أن نلحظ تكوين الأوسميوم ملاحظة مباشرة ، وليس فى وسعنا اذن أن نعرف

ما اذا كانت نسب النظائر تحددها آلية ما تعمل كونيا ٠ هو يفترض أن النسبة تعطينا بصمة السـوبرنوفا ، ولكنه قـد يكون مخطئا ٠ غير انا لا نستطيع أن نرفض فكرة السوبرنوفا بناء على هذا الأساس وحده ٠

لا ولا نستطيع أن نرفض احتمال وقوع حادثة سوبرنوفا فى منطقتنا من المجرة ٠ ان هذه الظواهر قصيرة العمر ، ولكنها بمعيار المجرة ليست استثنائية ٠ ثمة خمس منها حدثت فى مجرتنا خلال الألف سنة الماضية ، فمن المعتقد أن سديم السرطان هو نتيجة واقعة سوبرنوفا شاهدها الفلكيون الصينيون يوم ٤ يوليو سنة ١٠٥٤ ٠ ولقد يصل تألق النجم المنفجر خلال اسبوع الى عشرة ملايين ضعف تألق شمسنا ، ليصبح لبه غير معنوى كما رأينا ٠ يبقى حطام السوبرنوفا فترة يمكننا فيهـا ملاحظته عن طـريق الفلك الاشعاعى اساسا ، ولحد ما عن طريق ما يبثه من ضوء مرئى ومن اشعة اكس وأشعة جاما ٠ ثمة ما يقرب من مائة من مثل هذه المصـادر فى مجرتنا ٠ وهى تتلاشى فى نهاية الأمر عندما تنتشر جسيمات السحابات وتبرد (وان كانت قد تسخن احيانا لأسباب ما تزال غير مفهومة جيدا) ٠ ويكاد يكون من المؤكد اننا لن نجد اثرا يمكن ملاحظته الآن لواقعة حدثت منذ ٦٥ مليون سـنة ٠

لو أن حادثة كهذه وقعت بالمجرة فى جوارنا مباشرة ، فهـل يمكن يا ترى أن تقذف بكميات ضخمة من المادة فى اتجاهنا ؟ هل يجوز أن تكون هذه الواقعة قد كونت سحابة غبار ضخمة تحركت خلال النظام الشمسى ، لتمر على الأرض فى تحركها ، ثم تتركها سابحة الى الفضاء البعيد ؟ ستكون هذه السحابة على الأغلب نشطة اشعاعيا ، فهل يا ترى تسبب آثارا خطيرة ؟ برغم جمال هذه الفكرة الا انها للأسف ليست مقبولة ٠ صحيح بالطبع أن ما تطرحه القشرة أثناء حادثة السوبرنوفا يتكون من جسيمات غبار وغاز ، وأن هذه يمكن أن تشكل سحابة بين نجمية ، لكنا لابد أن نتذكر أن القشرة سيقذف بها فى صورة جسم كروى يتضخم ـ اشـبه ما يكون ببالونة ينفخ فيها ٠ وهى تحـوى طاقة هائلة ٠ تقذف القشرة بسرعة تبلغ ستة آلاف متر فى الثانية ، غير انها فى ابتعادها عن بؤرة الانفجار تصبح أكثر انتشارا ٠ أما أن تمر خلال النظام الشمسى وهى لا تزال كثيفة لتعطى الآثار التى تحتاجها ، فمعناه أن يكـون الانفجار نفسه قريبا جدا ، وهذا يجعل موجات الصدمة الأولى تحطم كل شىء ٠ والمؤكد أن هذا يبرر الانقراض ، ولكنه لم يكن ليسمح ببقاء اية حياة على الاطلاق ، اذ سيحترق الكوكب باكمله ويتحول الى رماد ! أما اذا كـانت السوبرنوفا بعيدة ، فربما أعطت أثرا أكثر تواضعا ـ يكفى لقتل الكثير

من الأنواع ليترك البعض الآخر ـ لكن السحابة عندئذ تصبح ولا علاقة لها بالموضـــوع !

يبقى لنا من بين المشتبه فى أمرهم موضوع ملاقاة جسم صلب • ولنترك الآن قضية ما اذا كان هذا الجسم قد ارتطم بسطح الأرض مباشرة أم أنه مر عليها مرورا عابرا • علينا أن نعين قدرة المشتبه فيه على اقتراف الجريمة قبل أن نتحول الى طريقة العمل • ثمة صنفان من المرشحين : المذنبات ، والنيازك • علينا أن نعاملها بحذر لأن ثمة أخطارا فى اتهـام أى منهما بالتسبب فى كارثة هائلة • ان لدينا أفكارا مسبقة عنهما تجمعت خلال آلاف السنين من ثقافات كل حضارات الأرض •

أثارت المذنبات اهتمام الناس من قديم الزمن ، لأنها ساطعة مثيرة ويمـكن رؤيتهـا أياما بطـولها ، وكثيرا ما ألقيت عليها مسئولية ظهور الطاعون وانخفاض المحصول وغير ذلك من الكوارث • ولقد اتهمت النيازك هى الأخرى بأنها صواعق يقذف بها كبار الآلهة : زيوس ، وجوبيتر ، وثور ، وبركوناس ، وبيرون ، وترانس ، ويهوه ، وغيرهم كثير من الآلهة الأقل شهرة ، يقذفون بها لمعاقبة الآثمين • ربما كان الاتهام ظالما ، كانت الصواعق الحقيقية سلاحا سحريا خفيا يسبب الدمار المادى الذى يلحظ عقب وقوعها • على أية حال علينا أن ننتبه حتى لا يتحول جدلنا المنطقى ليصبح هو الآخر مجرد أساطير •

قد نحب أن نعتقد أن أسلافنا كانوا من الحمقى المؤمنين بالخرافات، لكن الحقيقة أنهم فى موضوع الصواعق لم يكونوا خاطئين كما نتصور ، لأن الصواعق تحدث بالفعل• انها تحدث أثناء العواصف الرعدية العنيفة عندما تمتد جبال السحب حتى تصل الستراتوسفير• فى مثل هذه الظروف قد يشتعل وميض البرق من أعلى قمم السحاب حتى سطح الأرض ، ليفرغ فى الأرض قدرا عظيما من الطاقة يصهر التربة الى كتل من مادة زجاجية • لا أحد بالطبع يرى هذه الكتل وهى تتكون على السطح ، كما أنها بالتأكيد لم تكن موجودة قبل وميض البرق ، وبذا فمن المعقول تماما أن يتصور أسلافنا أن هذه المادة قد طوح بها من السماء الى الأرض • والواقع أنها تحدث أكثر ما تحدث فى المناطق المعتدلة أثناء فصلى الربيع والخريف •

والمذنبات أجسام غير مؤكدة المنشأ تتحرك داخل النظام الشمسى فى مدارات تحملها مرة قريبا من الشمس ثم تحملها ثانية بعيدا جـــدا عنها • وفى كل مرة يمر فيها المذنب قريبا من الشمس يفقد بعضا من مادته ، وليس هناك طريقة يمكنه بها أن يعوض هذا النقص • وعـلى هذا فان معظم المذنبات يتلاشى بالتآكل ، كما أن البعض منها يضـــيع

تماما من النظام الشمسى بسبب اضطرابات جاذبية بمداراتها تقذف بها بعيدا فى الفضاء بين النجوم • وعلى هذا فان المذنبات نفسها تغير من طبائعها وسلوكها بسبب هذا التآكل وبسبب الطرق التى بها تتغير مداراتها وسرعاتها بالنسبة للشمس •

كان الفلكى الأمريكى فـــريد ل • هوييل ــ من مرصد سميثسونيان الفيزياقلكى بكامبريدج ماساتشــوستس ، وسنسمع عنـــه مرة أخــرى بالفصل السادس ــ كان هو من نشر بحثا سنة ١٩٥٠ اقترح فيه ــ على عكس السائد وقتئذ ــ ان للمذنبات نوايا صلبة تتكون من نسب متســاوية من الصخور وبلورات السوائل المتجمدة والغازات • فهى فى الحقيقة ــ على حد تعبيره ــ « كريات ثلج قذرة » • ويعتنق معظم العلماء هذه الفكرة الآن • والأجزاء الصخرية منها تتكون من جلاميد مدورة والكثير من الشظايا الأخرى الأصغر ، وقطرها يبلغ نحو كيلو متر واحد ، يربطها الثلج جميعا مما يتسبب فى زيادة حجمها • وكتلة المذنب اقل بكثير من كتلة نيزك صلب له نفس الحجم •

ستكون لهذا اهميته اذا كانت سرعة المذنب بالنسبة للأرض تقارب سرعة اى جرم آخر فى النظام الشمسى ، ولكننا لا نستطيع التأكد من هذا• فاذا ما كان المذنب بعيدا عن الأرض فعلينا ان نحرص على ما تعنيه كلمة مثل « السرعة » ، لأنها بالطبع نسبية تتعلق بالملاحظ الذى يرصدها • تتحرك الأرض فى مسلكها بسرعة تبلغ ٢٩٫٨ كيلو مترا فى الثانية ، أما سرعة المذنب برادفيلى فقد قدرت بـــ ٢٤ كيلو مترا فى الثانية بالنســبة الشمس ، بينما تبلغ سرعة كوهوتيك ومجموعة مذنبات وست نحو ٥٠ كيلو مترا فى الثانية • لو أن هذه السرعات كانت هى أيضـــا السرعات بالنسبة للأرض للزم أن يكون المذنب حقا اكبر من مجرد كتلة من الصخر المصمت كى ينتج نفس الأثر الذى تسببه كتلة الصخر المصمت عنـــد الاصطدام ، ذلك لأن سرعته لن تختلف عندئذ كثيرا عن سرعة نيزك • غير أن مدارات المذنبات غير منتظمة ، ومن المحتمل جدا أن يقابل أحدها الأرض مواجهة • فى هذه الحالة يلزم أن تجمع السرعتان ــ سرعة المذنب وسرعة الأرض ــ واذا ما وصلت سرعة الاصطدام الى ٥٠ ــ ٨٠ كيلو مترا فى الثانية تناقص الفارق بين الأثر الذى يحدثه المذنب وأثر النيزك بشــكل واضـــح •

تحسب طاقة الحركة ــ وهى ما يهم ــ بضرب نصف كتلة الجـــرم فى مربع سرعته • وعلى هذا تتساوى طاقة الحركة لقطعة من الصـــخر المصمت تسير بسرعة ٢٠ كيلو مترا فى الثانية ، مع طاقة مذنب له عشر هذه الكتلة اذا وصلت سرعته الى اكثر قليلا من ٦٣ كيلو مترا فى الثانية

(يجرى الحساب كالتالى : افترض ان كتلة قطعة الصخر هى ١٠٠ وكتلة المذنب هى ١٠ ، ستكون طاقة الحركة للصخر تساوى (١٠٠ ÷ ٢) مضروبة فى مربع ٢٠ (أى مضروبة × ٤٠٠) ، والنتيجة اذن ٢٠٠٠٠، اما بالنسبة للمذنب فستكون (٢٠ ÷ ٢) × (٦٣ × ٦٣) = ١٩٨٤٥ ٠
وهذه الأرقام ليست خيالية تماما ، فقطر المذنب يبلغ نحو ٢٥ر١ كيلو متر كيلو مترا ٠ وعلى هذا ، وبسبب الفـــارق فى الكثـــافة بين « كرة الثلج القذرة» والنيزك ، فان مذنبا له كتلة نيزك قطره عشرة كيلو مترات سيكون قطره ٥ر١٢ كم فاذا ماكانت نصف كتلة المذنب من الثلج بحيث يمكن اسقاطها من الحساب لنهتم فقط بالجزء الصخرى منه ، يلزمنا ان نضاعف حجم المذنب ليصل الى الكتلة المفروضة لو انه كان بالكامل كتلة صلبة٠ يتضاعف حجم الكرة اذا ازداد قطرها بمقدار ٢٥٪ ، وبذا فان مذنبا قطره ٥ر١٢ كيلو مترا ستكون له نفس كتلة نيزك قطـــــره عشرة كيلو مترات ٠ ومن المستبعد ــ ان لم يكن مستحيلا ــ أن نجد مذنبا قطره ٥ر١٢ كيلو مترا ، لكن من السهل أن نجد مذنبات سرعتها ٦٣ كيلو مترا فى الثانية وقطرها ٢٥ر١ كيلو مترا ٠ بل الحقيقة أن السرعة قد تزيد كثيرا عن هذا ، ليكون حجم المذنب أصغر ٠

ان الصعوبة مع فكرة اصطدام مذنب بالأرض ليست فى أنها غيـر قابلة للتصديق ، فهى معقولة تماما ، وانما تكمن فى كيميـــاء صلصال التخوم ٠ اذ يبـدو انه من المستبعد أن تنقل « كرة ثلج قذرة » الكميـات المطلوبة من الأوسميوم والايريديوم ٠

عندما ناقشنا فى الفصل الثانى احتمال أن يكون مذنب قد أطلق ســموما فى الجـــو أو فى البحـــــر ، وجـــدنا أن هـــذا هـــو الآخـــر أمـــر مســتبعد ٠ والســـبب بســيط للغـاية ٠ افتـرض وجـود مذنب له نواة قطرها ٢٥ر١ كيلو مترا ٠ سيكون حجم نواته نحو كيلومتر مكعب ، نصفها من مواد جامدة تصبح سوائل أو غازات على درجـات الحرارة التى تقابلها على سطح الأرض ــ نقصد أن النصف مكون ممـا قد نسميه « ثلجا » ، ونعنى بذلك مادة لا توجد فى الحالة الجـامدة الا عرضا ٠ هنا لابد أن نتذكر أن الرصاص الجامد على ظهر كوكب الزهرة قد يعتبر « ثلجا » لأنه يوجد هناك طبيعيا فى حالة سائلة ٠ دعنا نفترض أن هذا كله ــ نصف الكيلو متر المكعب باكمله ــ مكون من سيانيدات وسموم أخرى ٠ دعنا نفترض أيضا أن المذنب سقط فى شمال الأطلنطى (وهو فرض له أسبابه التى سنذكرها فى الفصل التالى) ٠ فى نهاية العصر الطباشيرى كان شمال الأطلنطى أضيق مما هو عليه الآن ، وان لم يكن عمقه ــ على الأغلب ــ يختلف كثيرا عنه اليوم ، وكان يتخذ تقريبا شكل مثلث أبعاده

بالتقريب : القاعدة ٣٠٠٠ كيلو مترا ، الارتفاع من الشمال الى الجنوب ٣٠٠٠ كيلو مترا ، ويحتمل أن عمقه كان نحو ٤ كيلو مترات · وهـــذا يعطى حجما يبلغ ١٨ مليون كيلو متر مكعب · اننا نفترض الآن أن نصف كيلو متر مكعب من المادة السامة قد سقط فى ١٨ مليون كيلو متر مكعب من الماء · ستقتل بالطبع كل الكائنات بالمنطقة المجاورة لمكان السـقوط بسبب عنف الاصطدام : قبل أن تجد الوقت كى تموت مسمومة ! انمـا سيؤثر السم على تلك الكائنات التى كانت بعيدة عن موقـع الاصطدام، لكن فى انتشار السم نموها سيتوزع خلال الظروف العنيفة الثائرة داخل كتلة تبلغ ٣٦ مليون ضعف كتلته الأصلية · ستتسمم بعض الكائنات ، لكنا نستبعد أن يكون عددها كبيراً · ثمة احتمال اقل فى أن تصل مثـل هذه الكميات القليلة من السموم ، بعد أن خففتها مياه محيطات العالم كله ــ ومنها الباسيفيكى الذى كان اكبر بكثير وأعمق من الأطلنطى ــ أن تصـل فى صورة جرعات قاتلة او حتى مؤذية للغـــالبية العظمى من الكائنات الحية · لن يكون فى مقدورها أن تسبب انقراضا ، وحتى ان هى سببت هذا ، فلن تعلل انقراض الأنواع التى كانت تحيا على الأرض ·

تبقى لدينا النيازك والنجيمات · ثمة اختلاط بسيط فى المصطلحات هنا · فهناك نظرية تقول ان حزام النجيمات هو مصدر النيازك التى تتحرك داخل النظام الشمسى وتصطدم احيانا بالكواكب · وهناك نظرية اخـرى تقول انها بقايا نوايا مذنبات ــ لتعـــلل بذلك مداراتها غير المنتظمة · والنيازك أجرام يمكن أن ترتطم بالكواكب ، والنجيمات اجرام شـــبيهة لا ترتطم بها · وتسمى النيازك التى تحملها مداراتها قرب الأرض باسـم نجيمات أبوللو · ونحن نعرف منها تسعة عشر ، وقطرها يتراوح ما بين كيلو متر واحد وستة كيلو مترات ، فيما عدا اثنين منها قد لا يزيد قطر أى منهما على مائتى متر (هما ب ل ٦٣٤٤ ، ١٩٧٦ ى أ) ، وبعضها يقترب كثيرا من الأرض ، بل وقد يمر ما بين الأرض والقمر · والنيازك الموجودة حاليا أصغر من أن تبرر الواقعة التى نحاول تفسيرها ، ولكن ربما كـان هناك يوما ما نيازك اكبـــر · وطبيعى أن اصـــطدام أى منها بالكواكب سيخرجها من المجموعة · ولنا أن نعتبر أن بنيتها هى البنية النموذجية للنيازك الأخــرى ·

هناك نمطان رئيسيان من النيازك : نيازك مكونة من الصخر ، وأخرى لبها من المعدن (الحديد أساسا) ــ تسمى السيديروفيلات · والتركيب الكيماوى للنمطين مختلف · ومن الممكن أن تتسبب عن أيهما واقعة اصطدام

رهيبة بالأرض • والمعادن التى ترسبت فى صلصال التخوم معادن مميزة لنيازك السيديروفيلات •

وعلى هذا يبدو من المحتمل جدا أن ثمة طائفة واحدة فقط من الأجرام هى التى تسببت فى تلك الآثار الهائلة على سطح الأرض ، والقت فى نفس الوقت بالمعادن التى عثرنا عليها فى صلصال التخوم • اننا نتصور نيزكا من الحديد • ولكن ، لما كان مصدر الجرم السماوى ما يزال مجهـولا ، فربما كان من الأفضل الا نسميه نيزكا ولا نجما • بدلا من ذلك دعنا نستعمل من الآن مصطلحا اقل دقة واكثر عمومية : سنطلق على هذا الجرم اســم الكويكب ـ الكوكب البالغ الصغر •

والآن ، دعنا نحاول أن نعرض ما نتصور أنه قد حدث عند وقوع الاصـــطدام •

الفصل الخامس

برميل النار

انفجر البحر • قفز المحيط الى اعلى وقد تحول الى غاز متوهج ، فى هدير ملأ جنبات الكون •

لم يكن ثمة تحذير • على الأقل ، لم يكن ثمة تحذير يعين الحيوانات الموجودة عندئذ على وجه البسيطة • ربما رأى الأنشط منها والأكثر ذكاء ، ربما رأى لمحة من شعاع يبرق فى الفضاء ، فشرع يرفع راسه • هل يا ترى كانت الزواحف تمد رءوسها فوق سطح مياه المحيط ؟ وطيور البحر ــ وكانت موجودة عندئذ ، وتشبه ما نراه الآن من نسلها ــ هل كانت تحوم وتصرخ فى بحثها الدءوب عن الطعام ؟ ثم هل ابتدات جميعا تنتبه للنار فى السماء ؟ نستبعد هذا ، ثم ان انتباهها لم يكن ليفيدها كثيرا •

وليس هذا لأن الواقعة لم تكن مرئية • العكس تماما • عندما دخل الكويكب المناطق الأعلى من الغلاف الجوى ــ على مبعدة ١٥٠ كيلومترا من سطح الأرض ــ لابد وأن قد ابتدأ فى التوهج ، ليصبح اكثر سطوعا من الشمس • كما انه لابد وأن قد بدا فى نحو عشرة اضعاف حجم الشمس ، بسبب زاوية الدخول • وبارتفاع حرارته الى ١٨٠٠٠ درجة مئوية ــ ثلاثة اضعاف حرارة الشمس ــ اصبحت درجة لمعانه مائة ضعف لمعان الشمس• لابد انه قد ملأ الفضاء تماما بعد ثانية واحدة لا اكثر من ظهوره • ان رؤيته لم تكن لتزيد عن مجرد لمحة ، فلو ان الرائى كان قريبا ، اذن لاحرقته الحرارة التى يشعها امامه ، واحالته الى رماد • أما البحر من تحته ، فلابد وأن قد ابتدأ يغلى فى عنف قبل أن يصطدم به مباشرة •

كانت النهاية سريعة بالنسبة للحيوانات التى وقعت فى مساره • ان كويكبا يسقط عموديا على السطح بسرعة ٢٠ كيلو مترا فى الثانية

لن يستغرق اكثر من ثانيتين ليقطع المسافة داخل المنطقة الأكثف من الغلاف الجوى · ثمة مذنبات تسير بسرعة تصل الى اربعة اضعاف هذه السرعة بالنسبة للأرض ، لتصل فى وقت اقصر · لن تحس بالكويكب اذن كل تلك الملايين التى لا تعد ولا تحصى من الحيوانات : نائمة ، ترعى ، تبحث عن فريسة ، تتشاجر، تغازل، تتزاوج · انها ــ ببساطة ــ ستتلاشى·

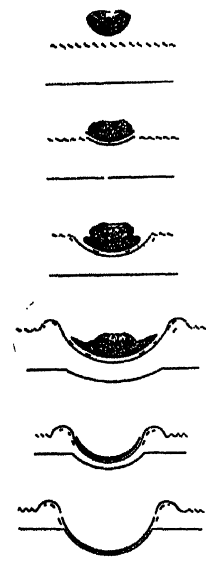
أما الانفجار الذى مزق المحيط فلابد وأن قد كان أكثر عنفا من أى انفجار عرفناه فى تاريخنا ، اعنف بكثير مما يمكننا تخيله · ولابد لنا عند محاولة تفهمه أن نفصصه الى أجزاء ، ثم نصف عناصره المروعة واحدا واحدا ·

نسالك اولا ان تقبل تاكيدنا بان الجسم السماوى قد سقط فى الماء · ان الكثير من الآثار المباشرة لن تختلف كثيرا اذا ما كان الجسم قد سقط فى الماء أو سقط على اليابسة ، لكن لدينا اسبابا عديدة للافتراض بانه قد سقط فى مكان ما بوسط شمال الأطلنطى ، وسنفصلها فى الفصل السادس ·

دعنا نبتدىء بحجم الكويكب · كان قطره ١٠ او ١١ كيلو مترا · قد يبدو لك هذا صغيرا ، لكن ذلك يرجع الى اننا عادة ما نقارنه بغيره من اجرام النظام الشمسى · ان حجمه لايؤهله لأن يمنح لقبا مبجلا مثل « الكوكب » · ان له نفس حجم فوبوس ، وهو واحد من اقمار المريخ صغير ثقيل ، يبلغ طوله ١٣٫٥ كيلومترا وعرضه ٩٫٥ كيلو مترا · لكن قمر الأرض اكبر من ذلك بكثير · وكويكبنا هذا صغير على المستوى الكونى ، ويمكن أن يقارن بالأجرام الموجودة على الأرض نفسها ·

يبلغ ارتفاع جبل ايفرست أكثر قليلا من ٨٨٥٠ مترا ، نعنى أن اعلى قمة فيه ترتفع عن مستوى سطح البحر بنحو ٨٫٩ كيلومترا (وان كانت ما تزال ترتفع ، لأن تحركات قشرة الأرض التى كونت الهيملايا لم تتوقف بعد) · اذا تصورت جبل ايفرست منتصبا كعمود من الصخر ، منعزلا بحيث يمكنك ان تراه من قمته حتى مستوى ماء البحر ــ دون أن يغرق فى المنخفض الذى يسببه وزنه الثقيل ، فان الكويكب سيكون اعلى منه بكيلو متر أو اثنين ، واعرض منه كثيرا · سيبدو الجبل امامه قـزما ·

سيكون مصدر خطر للطيران· فالطائرات التى تطير على ارتفاع عشرة كيلو مترات أو اكثر هى فقط الطائرات الحربية والطائرات المدنية عابرة القـارات · سـتعبر الكونكورد فوقه بلا متـاعب ، أما طائرات ٧٤٧ أو ترايستار فسيكون عليها أن تدور من حوله ، الا اذا كان القائد مستعدا أن يمتع ركابه بقليل من الطيران المنخفض ·

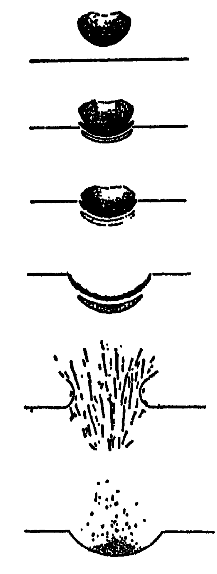


يقدم هــذا الشــكل تخطيطا للسلوك المحتمل لجرم ضخم عندما يصطدم بالبحر وقاع البحر.
لاحظ كيف يتشوه الجرم نفسه ، ثم لا يبقى منه ما يمكن تمييزه •

اننا نتعامل اذا مع جـرم صـغير بالمقياس الكونى ، وكبير حقـا بالمقياس المألوف لنا على سطح الأرض · ولقد كان الكويكب ايضا صلبا جدا · كان كتلة من الصخر لا تقل صلابة عن ايفرست نفسه ، ولم يكن باقل كثافة منه ، فالمتر المكعب منه لم يكن ليقل وزنا عن متر مكعب من صخور ايفرست · قدر فريق الفارس وزنه برقم يقع ما بين ١٠٠ بليون طن و ١٠٠٠ بليون طن ، وهذا مجال يسمح بقدر كبير من التهذيب (كان تقدير جاناباثى هو ٢٥٠٠ بليون طن) ، ولكنه على الأقل يعطينا فكرة عن كتلة هذا الكويكب ·

اقترب الكويكب من الأرض بسرعة بلغت ٢٠ كيلو مترا فى الثانية (أى نحو ٧٢٠٠٠ كم فى الساعة) · والأرض نفسها تتحرك فى مدارها حول الشـمس بسرعة ٢٩٫٨ فى الثـانية · لكن الأرقام لا تعنى الكثير ، فعشرين كيلو مترا فى الثانية تعادل ستين ضعف سرعة الصوت على مستوى سطح ماء البحر فى غلاف الأرض الجوى · وعلى هذه السرعة تقطع الطائرة الرحلة ما بين لندن ونيويورك فى زمن يزيد قليلا عن أربع دقائق ، وستوفر فيها شركات الطيران الكثير من مصـاريف الخدمة على الطائرة وتخسر الكثير من مبيعات البار ! أما المكوك الفضائى « كولومبيا » فيدور حول الأرض بسرعة ٨ كم فى الثانية (٢٨٨٠٠ كم فى الساعة) ، والقمر الاصطناعى الموجود فى مدار متزامن مع حركة الأرض ، أى الذى يبقى فى مكان ثابت فوق نقطة على سطح الأرض ، يتحرك بسرعة نحو ٣ كم فى الثانية (١٠٨٠٠ كم فى الساعة) · ويمكن للبندقية م ١٦ أن تطلق رصاصا سرعته ١ كم فى الثانية (٣٦٠٠ كم فى الساعة) دعنا نستخدم سرعة الرصاص هذه فى المقارنة · اننا نتعامل مع جسم أكبر بكثير وأثقل من جبل ايفرست ، مكون من صخر صـلب ومعدن ، يقترب من الأرض بسرعة تبلغ عشرين ضعف سرعة رصاصة منطلقة من بندقية جيش حديثة ·

كان جسما ضخما وسريعا ، نتج عن ارتطامه بالأرض قدر هائل من الطاقة · كم كان مقدارها ؟ يمكننا حساب هذا ، فلدينا تقديراتنا عن كتلته وسرعته · مرة أخرى سنعطى رقما قد لا يعنى شيئا : ١٠٠٠ مليون ارج لكل سنتيمتر مربع من سطح الأرض · وضع و·هـ ماكريا هذا الرقم فى صيغة ابسط ، قال انه يعادل تفجير ١٠٠ ترليون طن من ت·ن·ت (أى مائة مليون مليون طن) · كم حجم هذا ؟ ما ضخامة الرقم ١ يتلوه أربعة عشر صفرا ؟ انفجرت القنبلة الذرية التى القيت على نجازاكى فى أغسطس سنة ١٩٤٥ بقوة تساوى ٢٠٠٠٠ طن تنت ، أى رقم ٢ امامه



هذا الرسم يقدم تخطيطا للسلوك المحتمل لجرم ضخم عندما يصطدم باليابسة ٠
لاحظ ارتفاع وسط الحفرة عندما ينحلل الجسم المصطدم فلا يبقى منه فى منطقة الحفرة الا القليل ٠

اربعة اصفار • ولقد وصل الكويكب بطاقة تبلغ ٥ بليون (٥٠٠٠ مليون) قنبلة كقنبلة نجازاكى • ولتسهيل التصور اشار ماكريا الى انه لو ان الطاقة توزعت على سطح الأرض بالتســاوى (وهو مالم يحدث لحسن الحظ) فسيكون نصيب كل كيلو متر مربع من سطح الأرض عشر قنابل فى قوة قنبلة نجازاكى • واذا افترضنا أن حجم الأسلحة الذرية الموجودة الآن على الأرض يعادل بضع مئات البلايين من تنت ، فاننا نحاول أن نتصور تفجيرا يعادل ألف ضعف تفجيرها جميعا فى مكان واحد • لا عجب اذن أن نجد هذا صعب التخيل ! اننا نحاول أن نصف واقعة ابعد بكثير من كل ما خبرناه او سجله التاريخ • على انه يلزم أن نشير الى انه بينما قد نتحدث عن الطاقة المنفردة عن الارتطام ، فان الأثر الناجم عنها يتوقف كثيرا على الطريقــة التى افردت بهــا هذه الطــاقة • وكما سنوضح فيما بعد ، فان الطاقة الهائلة التى أفردها الكويكب كانت اكثر انتشارا من الانفجار النووى ، وتختلف عنه ـ بالتالى ـ كثيرا •

ورغم ذلك فان المشــهد الذى نصفه .ابعد بمراحل عن اية خبــرة بشرية ، ابعد بكثير حتى من اية ظواهر يبتكرها العلماء فى معاملهم • وليس أمامنا الا أن نتأمل التضمينات الفيزيقية والكيماوية والبيولوجية • ان كل ما نقوله نحن او غيرنا عن تفاصيل الواقعة لابد أن يحوى قدرا كبيرا جدا من التخمين العليم •

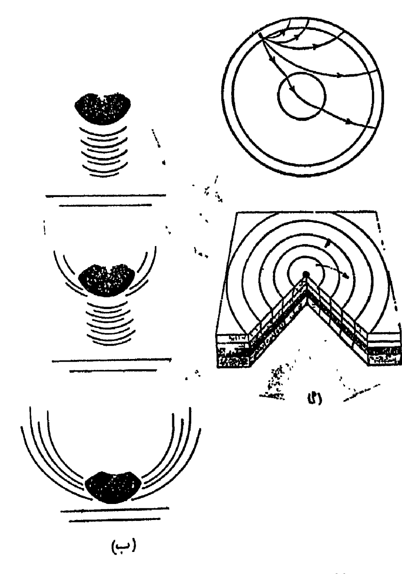
ثمة كارثة وقعت منذ نحو قرن مضى ، وهى موثقة جيدا • قيل ان ثورة بركان كراكاتوا ، الموجود الآن فيما يسمى اندونيسيا ، كانت أفظــع انفجار بركانى مسجل ، وربما كانت اسوأ كارثة من نوعها فى التــاريخ المعروف • لقد قتلت موجات التسونامى (موجات « المد ») وحدها نحــو ٣٦٠٠٠ شخص فى جزيرتى سومطرة وجاوة المتجاورتين • وربما كانت طاقة انفجار كراكاتوا نحو ١٠٠٠ مليون طن ت ن ت • لقد أفرد اصطدام كويكبنا هذا طاقة تعادل مائة ألف انفجار كانفجار كراكاتوا :

ماذا يحدث اذا ما انفجر مائة ألف بركان مثل كراكاتوا ســويا ؟ لا يجب أن نبالغ فى قوتها ، فهذه لم تكن تكفى لاقلاق مدار الأرض ، وهى لم تزحزح عالمنا وتدفعه بعيدا عن مكانه • لا ولم يكن الانفجار من الضخامة بحيث يسبب تلفا خطيرا فى تركيب الكوكب نفسه • وهذا انما يرجع أساسا الى المرونة النسبية للارض : فحتى صخورها الصماء الصلبة يمكن أن تنحنى وتتدفق قليلا ، كما تتحرك القشرة بثبات ، وقد تتجعد • ثمة اجرام اخرى فى النظام الشمسى اكثر هشاشة تتحطم باصطدام قوى كهذا ـ توابع كوكب زحل البعيدة المتجمدة مثلا • والواقع انها ربما كانت قد تحطمت فى الماضى ثم أعيد تشكيلها عندما تجمعت الشظايا مرة أخــرى

سويا بالجاذبية · لكى ينحنى السطح أو يتحطم لابد أن يحدث الاصطدام·
فهـل حدث ؟

افترض البعض أنه اذا ما اخترق الغلاف الجوى جسم له مثل هذه السرعة العالية ، فلن يتبقى منه ما يصل الى سطح الأرض ، اذ سيحترق ويتحطم تحت الاجهاد الذى يسببه مروره داخل هواء متزايد الكثافة ، وبذا فانه يفرد كل طاقته فى الغلاف الجوى · لو أن هذا قد حدث للكويكب ـ لو أن الانفجار كان قد تم فى الهـواء ـ اذن لكانت نتائجه أكثر فظاعة ، اذ ستوزع الطاقة عندئذ على مساحة من سطح الأرض أوسع · والواقع انه من المستبعد أن يكون مرور الكويكب داخل الهواء قد تسبب فى أية آثار خطيرة على الاطلاق · صحيح بالطبع أن الحرارة تحطم معظم الأجسام الصغيرة جدا التى تدخل الغلاف الجوى · اننا نراها أحيانا فى صورة شهب أثناء الليل · وهذه الشهب التى تبعث فينا البهجة ، وقد تخيفنا ، تتفاوت حجما ما بين جسيمات من غبار ، الى كتل فى مثل حجم حبـة الفاصوليا ، ورغم ذلك فان البعض منها يصل سطح الأرض ، وكذا يصله أيضا بعض من نيازك يتفاوت حجمها ما بين حجم الحصاة وحجم كـرة التنس ، بل وقد يصل حجمها أيضا ـ ونادرا لحسن الحظ ـ الى جلاميد تزن طنا أو تزيد · ومثل هذه الأجسام تكون أكبر من أن تستهلك بالتآكل داخل الغلاف الجوى ، ولكنها فى نفس الوقت أصغر من أن تخفف سرعتها كثيرا أثناء سقوطها فى الهواء · وبذا ، فبرغم أنها تخترق الغلاف الجوى بسرعة عالية فان حركتها تكون بطيئة نوعا ما عندما تصل الى الأرض · ودرجة التسخين التى يصلها الجسم تتوقف على سرعته وعلى الفتـرة التى يقضيها فى رحلته بالهواء ـ وهذه بدورها تتوقف على زاوية السقوط اننا نفترض الآن أن ثمة كويكبا اقترب من سطح الأرض باتجاه عمودى تقريبا ، وأنه قد قضى ثانيتين أو أقل فى رحلته داخل الغلاف الجوى ، وبذا ، فبالرغم من تسخين سطحه ، ومن أنه سيفقد بعضا من مادته ، فان النسبة التى سيفقدها ستكون ضئيلة غير معنوية ·

لابد اذن أن يكون فناء هذا الكويكب قد تم عند اصطدامه بالبحر · مرة أخرى ، سيغرينا أن نفترض أن أى جسم يتمكن من اختراق الغلاف الجوى وكأن لا غلاف هناك ، يستطيع أيضا أن يخترق الماء بنفس الشكل ، ان يكن أصعب قليلا · ان أيا منا ممن أخطأ التقدير يوما وهو يقفز فى الماء فسقط على بطنه فى حمام السباحة ، يستطيع أن يؤكد أن الماء أحيـانا يسلك سلوك المادة الصلبة · هم عادة ما ينصحون الطيارين عندما يقفزون الى الماء بأن يفعلوا ذلك وهم فى وضع قائم ، بالأقـــدام أولا (وان كنا لا نعرف كيف يستطيعون ذلك) ، بل الأفضل لو تمكنوا من الولوج بأطراف أصابع أقدامهم ، كما الراقصات !



(شكل ٤)

(أ)

مقطعان مستعرضان فى الأرض يوضحان كيف تنتشر الموجات السيزمية من نقطة الارتطام .

(ب)

موجات الصدمة الناجمة عن جسم يقترب من سرعة الصوت ثم يتجاوزها . لاحظ كيف تضغط موجات الصدمة الى الخلف بازدياد السرعة الى ان تتبع الجسم فى النهاية عندما يخترق الجسم حاجز الصوت .

غير أن الطيارين ، وبينهم من يأبى حظه العاثر الا أن ينفصل عن مظلته (باراشوته) ، ومثلهم الهابطون على بطونهم ، كلهم يصلون الماء في بطء فعلا . لكن مشكلتهم هي أنهم يعرضون للماء مسطحا كبيرا من جسومهم ثم لا يستطيع الماء أن يتحرك بطريقة ملائمة لاستقبالهم . فلكي يتلقفهم الماء في هدوء ، يلزم أن يتحرك جانبا عند ولوج أجسامهم فيه . طبيعي أنه كلما كانت حركة الماء اللازمة صغيرة أو تدريجية كلما سهل اتمامها . فالغواص الأكثر رشاقة ، الذي ينساب جسده الى الماء بأطراف الاصابع أولا ، لا يعاني من متاعب عند الاصطدام ، فالأمر لا يحتاج سوى قدر قليل من حركة الماء يسمح بولوج الأصابع أولا ، ثم يتلوها بالتدريج الجسم المتصل بها .

لماذا يلزم أن يتحرك الماء أصلا ؟ عندما يتحرك جسم صلب خلال الهواء أو الماء ، يلزم أن يتحول الهواء أو الماء المزاح الى مكان ما — فهو لن يتلاشى بالطبع ! والحقيقة أن الجسم يدفع الهواء أو الماء أمامه ، لينضم ثانية من خلفه . يتسبب دفع الوسط السائل في خلق موجات ضغط تتحرك أمام الجسم ، وتبدأ في شق الوسط قبل وصول هذا الجسم . فالجسم يتحرك كما لو كان مشرنقا خلف موجات الضغط التي تخلقها حركته . فاذا ما كان الجسم نحيلا — كالسهم مثلا — كانت الازاحة المطلوبة لمروره ضئيلة . وعندما تلاقي موجات الضغط بالهواء كتلة ماء ، تستمر الموجات في الانتشار بالماء ، ولما كانت كثافة الماء الف ضعف كثافة الهواء، فان الأمر يتطلب قدرا أكبر من الطاقة لتحريكه . فاذا كان الجسم نحيلا مضى كل شيء على خير ما يرام لأن طاقة حركة الجسم قد تكفي . أما اذا ما عرض الجسم سطحا واسعا للماء ، يحتاج قدرا كبيرا من الأزاحة ، فان طاقة حركته قد لا تكفي ، فيجد الماء « غير مستعد » ، وتكون النتيجة آلاما في الجلد — أو ما هو أسوأ من ذلك . أما كويكبنا فقد يتخذ أي شكل، وان كان من المستبعد أن يكون شبيها بالسهم . وبذا فنحن نتوقع أن يسقط على بطنه ، ويصبح الفارق عند الاصطدام بين الماء الذي لم يعد مستعدا للاستقبال وبين ركائز المعدن والصخر أمرا لا يهم غير الأكاديميين . والأكثر من ذلك أن ثمة عاملا آخر يلزم في هذه المسالة أن نضعه في الاعتبار .

تتحرك موجات الضغط أمام الجسم المتحرك بسرعة الصوت . ومعنى هذا أن المسافة التي تمتد فيها هذه الموجات أمام الجسم تتوقف على سرعته بالنسبة لسرعة الصوت . وباقتراب هذه السرعة من سرعة الصوت تقترب حركة الجسم من موجات ضغطه المتقدم ، ثم الى سرعة الصوت نفسها ، فاذا ما ازدادت سرعة الجسم عن سرعة الصوت ، توقف تماما عن توليد

اية موجات ضغط امامية ، وبذا لا يتلقى الوسط الذى يتحرك خلاله أى تحذير مسبق • الموجات ما تزال تنتج ، لكن الجسم يتخطاها ويسبقها ، فتنضغط ضغطا محكما وتتحول الى ذلك الدوى الصوتى الذى يهز النوافذ، ويترك السكان يتميزون سخطا •

ينتج الدوى الصوتى عن موجات الضغط المكبوسة التى تصدر عن الجسم المتحرك فى صورة مخروط خلفه ، وتصبح الموجات ـ كما الصوت ـ اكثر انتشارا كلما ازداد بعدها عن الجسم • فاذا ما كان الجسم ـ قل مثلا ـ طائرة تحرك افقيا ، فان مخروط موجات الضغط سيقابل سطح الأرض راسما خط سير خفى ، وان كان مسموعا ، يتوقف اتساعه على ارتفاع الطائرة نفسها • أما الفرقعة التى نسمعها ، فترجع الى موجات الضغط قرب حافة المخروط ، حيث تكون كثافتها أعلى ، لأنها الأقرب الى الطائرة التى تنتجها • فاذا كانت الطائرة تتحرك عموديا غدت النتيجة مختلفة • فهى ان كانت تهبط فلن يكون ثمة صوت يسمع الى أن ترتطم بالأرض ، عندئذ ستصل موجات الضغط ـ ليس كفرقعة واحدة ـ وانما كهدير طويل • وبنفس الشكل ، اذا كانت الطائرة ترتفع بعيدا عنا فاننا لن نسمع سوى الهدير ، ولا فرقعة صوتية ، حتى وان كانت سرعتها تفوق سرعة الصوت •

وكويكبنا وهو يتجه نحو الأرض عموديا سينتج موجات ضغط تبدأ فى الوصول الى الأرض كهدير طويل مباشرة عقب الاصطدام ، وسيستمر وصوله عددا من الثوانى يعادل طول الرحلة التى قطعها الكويكب خلال الغلاف الجوى •

فى اربعينات هذا القرن ، عندما اخترقت الطائرات لأول مرة ما يسمى « حاجز الصوت » كان البعض يعتقدون أن هذا الحاجز لا يمكن تخطيه • كانوا يقولون ان الطائرة لو وصلت هذه السرعة فان الهواء يسلك سلوك الجسم الصلب فلا يمكن لأى طائرة أن تخترقه ، ثم ثبت بالطبع أن هذا غير صحيح وان سرعة الطائرة يمكن أن تزيد عن سرعة الصوت • لكن الفكرة كانت تبدو معقولة فى ذلك الوقت • وظهر أن المشكلة تكمن فى اضطراب تيار الهواء فوق أسطح التحكم على أجنحة الطائرة وذيلها عندما تقترب من سرعة الصوت ، وما يتبع ذلك من فقدان السيطرة عليها • ولقد حلت المشكلة بالجمع ما بين تصميم للطائرة يضمن الاحتفاظ بالاندفاق السطحى للهواء فوق أسطح التحكم عند السرعات فوق الصوتية ، وبين محركات أقوى من كل ما صنع حتى أوائل الأربعينات • لم يحدث أن ابتكر الانسان قبلا جسما يتحرك خلال الماء بسرعة أعلى من سرعة الصوت • ان حاجز الصوت فى الماء سيكون حائلا اكثر صعوبة من زميله الهوائى •

سيرتطم الكويكب اذن بالماء ، فجأة ودونما تحذير ، وبذا سيسلك الماء سلوكا يقترب من سلوك الجسم الصلب ، فاذا كان لمحنة كويكبنا أن تزداد ، سقط فى الماء على بطنه • ومن المستبعد أن يخرج سليما من هذه التجربة • اننا نعرف أن النيزك الكبير الذى يرتطم بالأرض اليابسة يسبب حفرة ، لكنها حفرة ليس فيها من بقايا النيزك شيء • ومثل هذا المصير يحدث ايضا لأى جسم شبيه يسقط فى الماء • ولكن ، دعنا نذكرك ثانية اننا نتعامل مع واقعة غريبة عنا تماما •

ستحدث لا شك طرطشة هائلة • طبيعى أن الطرطشة هى المعادل المائى لعملية تكوين الحفرة التى نتوقعها على اليابسة • وفى مقدورنا أن نقدم تخمينا معقولا لسلسلة الأحداث التى شغلت المليثوانى الأخيرة من وجود الكويكب •

ما ان تقابل المياه حافة مقدمة الكويكب الا وتكون حركته قد بطؤت • لكن بقية الجسم سيستمر فى التحرك بسرعة قريبة جدا من السرعة الأصلية • تنتقل هزة الاصطدام الى الخلف خلال الجسم ، لكن الموجات الناقلة ستتحرك بسرعة الصوت ، وسرعة الصوت داخل الجسم ستكون أكبر بكثير من سرعته فى الهواء ، ولكن ، لما كنا نفترض ان الجسم يتحرك بسرعة تبلغ ٦٠ ضعف سرعة الصوت فى الهواء ، فمن المحتمل الا يتلقى الماء اية موجات ضغط امامية ، لا ولن يتلقاها ايضا معظم باطن الكويكب •

تخيل أن شخصا قفز وجلس على ظهر الكويكب أثناء مروره بعيدا فى أعماق الفضاء كى يصل الأرض فى رحلة مجانية • تصور ايضا أنه تحمل تسخين الغلاف الخارجى لهذه الكتلة الصخرية الى حرارة تبلغ ثلاثة أضعاف حرارة الشمس • لن يقابل هذا الملاحظ ازعاجا طيلة الرحلة حتى لحظة وصوله الأرض على ظهر مركبته الفضائية الى أن تصله موجه الصدمة ، عندئذ سيصيبه الاحباط عندما يتبخر ويتبخر معه ما بقى من جواده الكونى المطهم • ستحدث هذه الواقعة الأخيرة بعد نصف ثانية تقريبا من اصطدام الحافة السفلية بالماء ، ولن يجد من الوقت ما يكفى كى يسجل لنا رسالة تفيدنا ، يصف فيها ما حدث •

سيتشوه الكويكب عندما تسطح حافته السفلية وتضغط فى تجويف يتشكل داخل الماء • لعلك تذكر أن الماء سيكون فى حالة غليان جنونى أثناء اقتراب الكويكب ، وأن درجة حرارة الكويكب نفسه ستكون نحو ١٨٠٠٠ درجة مئوية • أما الضغط والحرارة داخل الشريط الذى يتقابل فيه الصخر مع الماء فسيسببان تفكك كل من الصخر والماء الى مكوناتهما الذرية ، كما ستؤين الذرات ــ أى تجرد من الكتروناتها ــ لتكون سحابة

من البلازما • أما خصائص وسلوك مثل هذه السحابة البلازمية فستكون مختلفة كثيرا عن الحالات المألوفة للمادة ، حتى ليجدر بنا فى هذه المرحلة من الواقعة أن نعتبر وجود ثلاث كتل لا اثنتين : هناك الجسم الجامد الذى ما زال لم يتأثر ، والماء الذى لم يتأثر بعد ، ثم البلازما التى تكونت حيث تقابلا • والبلازما غاز ، لكنه غاز ذو كثافة عالية ، وسيقذف بها الى الجانبين بعيدا عن مركز الاصطدام • سيفقد جزء كبير من الكويكب قبل ان يصل الى قاع البحر •

ان الأثر العام سيكون أشبه بما يحدث عندما تطلق رصاصة من مدفع هوائى على حائط من الآجر • ستتناثر شظايا القذيفة ، لكنها ستسبب أيضا نقرة فى الحائط •

دعنا اذن نفكر فى هذه النقرة ـ الحفرة • نحن نفترض أن الكويكب قد سقط فى شمال الأطلنطى • منذ نحو ٦٥ مليون عام كان شمال الأطلنطى اضيق منه الآن • ربما كان عرضه عندئذ ، وفى أوسع مناطقه ، نحو ٣٠٠٠ كيلو متر • ولقد كان مثلث الشكل تقريبا • فى شماله كانت القارات ما تزال متصلة ونحن لا نستطيع أن نقدر عمقه عندئذ ، غير أنه لما كان ـ وما يزال ـ يتسع لأن ثمة صفيحتين من الصفائح التكتونية تتحركان متباعدتين ليسد الفراغ بينهما بمادة وشاح الأرض ، فمن المعقول أن نفترض أن الأطلنطى القديم كان فى عمق الأطلنطى الحديث ـ أى نحو ٤ كيلو مترات ونحن نعرف أيضا أنه اذا ما اصطدم بالأرض جسم له الطاقة التى حسبناها ، فانه سيسبب حفرة على اليابسة قطرها نحو ٢٠٠ كيلو مترا وعمقها ٢٠ ـ ٣٠ كيلو مترا • أما فى البحر فان عمق الحفرة سيكون أقل لأن الصخور التى تكون قشرة قاع المحيط أكثف من صخور قشرة اليابسة • على أن الجزء الأعلى من الحفرة سيتشكل داخل الماء •

سيشكل الماء والصخر كرة نارية رهيبة الحرارة ، كثيفة للغاية ، تنتشر بسرعة على الجانبين والى أعلى ، لتعرى من قاع المحيط ما يقرب من مائتى كيلو متر قطر الحفرة • لو أن الكويكب كان يلف عند اختراقه للغلاف الجوى ، فان كرة النار البلازمية قد تلف هى الأخرى ، لتكون دينامو فائقا ينتج مجالا مغنطيسيا قويا • وسترتفع كرة اللهيب الى أعلى، لا لأنها تنتشر كما الهواء الساخن ، ولكن لأنه ليس ثمة اتجاه آخر يمكنها أن تتحرك فيه • سيخرج من المحيط نحو ١٢٥٠ بليون طن من الماء وتحمل الى الهواء •

قدر والتر الفارس حجم المادة التى يقذف بها خارجا فى مثل هذا الاصطدام بنحو ٦٠ ضعف كتلة الجسم المصطدم • وعلى هذا فعلينا فى

حالتنا هذه أن نفترض أن قدرا يقع ما بين ٦٠٠٠ و ٦٠٠٠٠ بليون طن من المادة قد قذف به فى الغلاف الجوى ، ومعظمه فى قاع المحيط · فاذا ما وضعنا فى الاعتبار عمق الماء، والكثافة الأعلى لقشرة قاع المحيط مقارنة بقشرة اليابسة ، فسنجد أن عمق الحفرة قد يكون ٣ كيلو مترات أو يزيد ، وربما كانت الحفرة أعمق كثيرا فى فترة محدودة ·

قد يبدو هذا القدر من المادة هائلا · حقا ، انه قدر هائل · لكن علينا أن نتذكر أن المحيط لا يشكل أكثر من مجرد غشاء على سطح كوكبنا · لو أن الأرض كانت مثلا فى حجم البرتقالة ، فلن تمثل المحيطات أكثر من غشاء رقيق من الرطوبة فوق جزء من قشرتها ، ولن تكون الحفرة باكثر من نقرة تافهة عليها ـ ليست أكبر من أحد المسام الموجـــــودة على جلد البرتقالة · ربما ساعدتنا هذه المقارنة فى تفسير ليس فقط حجم الأثر على سطح الأرض ، وانما أيضا على هيئتها · أما المادة التى ستطرد من الحفرة فى صورة بلازما ساخنة كثيفة ، فستتخذ تقريبا شكل القرص · سيرتفع هذا القرص الى السماء فى شكل برميل هائل جدا ـ برميل من النار ·

لابد انه ارتفع بسرعة كبيرة جدا ، كالبرق · وليس من المستحيل أن يكون قد وصل سرعة الافلات ، ليضيع جزء منه على الأقل فى الفضاء · وربما ارتفع قدر منه كبير الى المدى الذى يتخذ فيه مدارا حول الأرض ، هل يا ترى ليكون حلقة كتلك الموجودة حول زحل ؟ كان من الممكن أن يصنع شيئا كهذا لو انه كان يحوى شظايا من مادة صلبة ذات أحجام مختلفة · فلو كان لمثل هذه الشظايا أن تتخذ مدارات ثابتة فان سرعات دورانها ستكون مختلفة ، كل حسب كتلته ، والأغلب أن تكون المدارات على ارتفاعات متباينة ، ومن شان هذا أن يفصلها حتى تكون حلقة · ومن ناحية أخرى سنجد أن مادة البلازما ستتخذ صورة غبار دقيق يدور فى شـــكل ســـحابة ·

عندما يقفز البحر الى السماء ، ستندفع أمواج المحيطات من حوله لتحل محله · ستمتلىء الحفرة بالماء فى دقائق · اندفاع جبار للمياه من كل ناحية يكون موجات ضغط تتداخل عندما تصغر محيطاتها · عندما تتلقى الأمواه المتدفقة من المركز ، سترتفع فى صورة انبجاس ثانوى هائل ـ من الماء هذه المرة وليس من البلازما · ما الذى يحدث عندما يلتقى الماء البارد بالصخر المصهور ؟ لا نعرف هـــذا بيقين ، لكننا نستطيع أن نقول بقدر من الثقة بأن الانبجاس الثانوى سيضم قدرا هائلا من بخار الماء الفائق الســخونة ·

ستسبب حرارة الاصطدام فى تطاير المادة عاليا فى الغلاف الجوى، لتنشأ منطقة باسفل ذات ضغط جوى منخفض للغاية · والمفروض أن يمتلىء هذا الفراغ · ولكن كيف ؟ لو أن ارتفاع الهواء والماء كان على

درجات الحرارة المألوفة لنا ، اذن لاستطعنا أن نتفحص الظواهر الجوية لهذه الواقعة ، لكن سحابة بلازما ترتفع ســـريعا هى شىء يتحدى كـــل خيـــالاتنا ٠

امامنا الآن صورة ، لاضطراب هائل ، لدوامة رهيبة من الهـــواء والماء فوق المحيط نفسه تمتد الى الشطئان على الجانبين ، لدوى رهيب يغلف فيه ضجيج الكويكب الهابط بالنغمات النشاز ، لضوء أسطع من الشمس ٠ يمكننا أن نتخيل سحابة ضخمة ، يبدو أمامها انفجار القنبلة الهيدروجينية مجرد نفثة من دخان سحابة ترتفع فوق ساق سمكها مائتـــا كيلو متر تمتد الى ارتفاع عشرات أو مئات الكيلو مترات ، ثم ينبسط منها على الجوانب ذيل كثيف كما لو كان ثمة سقف خفي يحدها من أعلى ، سحابة من الضخامة حتى لتصبح فيحد ذاتها غير مرئية لمن يرقبها من فـــوق الأرض ، يحتجب الجزء الأعظم منها خلف السحابة الثانوية المكونة من بخار الماء والغبار الذى حبسه الطروبوبوز ، تلك السحابة التى تشـكل حدا لا تنخفض فيه حرارة الهواء بزيادة الارتفاع ٠ من القمر ، ربما بدت الصورة كسحابة ٠ أما بالنسبة للاحظ فوق سطح الأرض بعيد عن موقع الارتطام افلت من الهلاك ، فسيبدو الأفق وقد غمرته النيران ، ترتفـــع النيران ، ترتفع بأسرع مما يمكن لأى عين أن ترصـــــد ، ليضىء السماء باكملها برميل من نار !

امامنا الآن صورة ، وما أن تنبنى الصورة فى أذهاننا حتى نضطر الى أن نمحوها ٠ اذ ما أن ينتشر الذيل الكثيف من الحطام على طول السماء وعرضها حتى يعم الظلام العالم باكمله ٠

لابد وأن كانت كارثة الاصطدام مرئية على مدى واسع ، لكن انحناء الكرة الأرضية سيحجبها فى النهاية عن الأعين البعيدة ، فلم تكن هذه لترى الاصطدام نفسه ، لا ولا حتى الوهج المنعكس من اسفل السحب الذى قـــد كان ليحذر بأن شيئا ما رهيبا يحدث فى العالم ٠ ولكن ، لن يمضى وقت طويل قبل أن تبدأ اشارات التحذير فى الوصول ٠

سيبعث الاصطدام موجات سيزمية خلال الأرض نفسها ، وســـتكون هذه هى أول التحذيرات لأنها تسرى بسرعة تفوق سرعة الصوت فى الماء أو فى الهواء ٠

ثمة أنماط عدة من الموجات السيزمية ، لكل منها سرعته المميزة ٠ فالموجات الأولية هى موجات ضغط تتحرك موازية لاتجاه الانتشار ٠ أما الموجات الثانوية فهى موجات قص مستعرضة تتحرك تقـــريبا فى زوايا

قائمة باتجاه انتشار الضغط · ولما كانت سرعة الموجات تزداد بازدياد كثافة الوسط الذى تنتشر فيه ، فان كلا النمطين من الموجات يتبع سبيلا منحنيا خلال الأرض · تتحرك الموجات الأولية بسرعة أعلى قليلا من ٦٠٠٠ متر فى الثانية وحتى ١٠٤٠٠ متر ، أما الموجات الثانوية فسترى بسرعة نحو ٣٤٠٠ متر فى الثانية وحتى ٧٢٠٠ متر · ولما كانت الموجات الأولية تتحرك أسرع من الثانوية فانها تصل مبكرة عن الثانوية · ثم هناك أيضا موجات سطحية ، وهذه تنتشر موازية لسطح الأرض ، بدلا من التحرك داخلها ، وسرعتها تبلغ ٤٠٠٠ متر فى الثانية · قد تصل الموجات الأولية والثانوية الى حدود لب الأرض لتنعكس ، كما يمكن أيضا أن تنكسر ـ مثلما يفعل الضوء ، وبذا فان تتابع الاشارات التى تصل المحطة السيزمية التى تراقب الزلازل يصبح أمرا معقدا · سنهتم هنا فقط بالأفكار العامة ، كما سنتوخى البساطة فى الصورة التى سنقدمها ·

لنتأمل خبرة مراقب يقف بعيدا عن موقع الاصطدام ـ على الجانب البعيد من الأرض ، على مسافة تبلغ نصف محيط الكرة الأرضية · ستصله الموجات الأولية بعد فترة تزيد قليلا عن ٢٠ دقيقة عقب الارتطام الذى سببها ، تليها الموجات الثانوية ، لتبدأ الموجات السطحية فى الوصول بعدما يزيد قليلا عن ٨٠ دقيقة من الصدمة · ستهتز الأرض اهتزازا محسوسا ، ولكنه على الأغلب لن يكون اهتزازا عنيفا لبعد موقع المراقب· ربما اهتزت الأشجار ، ولكنها على الأغلب لن تسقط · لن يكون الزلزال مجرد هزة واحدة ، وانما سيكون هزيما طويلا يمكث ساعة او اكثر تصل فيه الموجات الواحدة وراء الأخرى · ربما تكون الموجات السطحية اكثر عنفا مما نتوقعه فى الزلازل العادية التى تكون بؤرتها اعمق بكثير تحت السطح ·

وبالرغم من انتشار طاقة الموجات بتحرك الصخور التى تسرى فيها ، الا انه من المحتمل أن يكون بها من الطاقة ما يكفى كى تقوم باكثر من دورة لو حدث هذا فستبدأ الاهتزازات بعد نحو ٢٠ دقيقة من الاصطدام لتصل الى قمتها خلال الساعة التالية · ثم انها ستتوقف نحو ساعتين ونصف ، عندما تصل الموجات السطحية مرة أخرى فى دورتها الثانية · ستصل هذه من كل الاتجاهات ، ومن المحتمل أن يتسبب الاضطراب الناجم عن التقائها فى حدوث « صورة مرآة » مصغرة لصدمة الارتطام عند المنطقة من الكرة الأرضية المقابلة تماما لبؤرة الاضطراب ·

أما المجموعة الثانية التى تصل من موجات الصدمة فستتحرك فى الماء ، وبذا فلن يحس بها المراقب اذا كان واقفا على اليابسة بعيدا عن

البحر · يتحرك الصوت فى الماء العذب على درجة حرارة الغرفة بسرعة تبلغ نحو ١٥٠٠ متر فى الثانية ، أما فى مياه البحر الباردة فربما كانت سرعته ١٠٠٠ متر فى الثانية · وبهذه السرعة تصل الموجات الى الناحية الأخرى من العالم بعد ١٠ ساعات أو اكثر قليلا · لن يكون لموجات الصوت هذه الا اثر مباشر قليل ، يمكن أن يراه المراقب على اليابسة · سيصبح لون سطح البحر أبيض ، اذ تتكون فوقه مباشرة طبقة من الرذاذ : وتظهر نفس هذه الظاهرة كتحذير أول عندما تنفجر قنبلة أعمـــاق تحت سطح المحيط · أما داخل الأمواج نفسها ، فسيكون الأثر على الحيوانات البحرية مفجعا · سيتحطم الكثير من الأسماك التى لا تستطيع أن تتحمل التغيـر الفجائى الحاد فى الضغط · وستطفو جثثها على السطح أياما وأياما ، لتصبح غذاء لآكلات الجيفة ، بينما تهملها المفترسات التى تتطلب وجـود الفريسة الحية لاستثارة شهيتها للقتل والالتهـام · والكثير من الزواحف الحديثة من هذا الصنف · أما العزاء الوحيد فهو أن هذه الموجات تضعف بسرعة · ولما كان للاطلنطى شكل المثلث تقريبا ، فان الموجات ستتحـرك فقط فى اتجاه الجنوب · وقبل أن تصل خط الاستواء ستكون على الأغلب قد فقدت قدرتها على قتل الكائنات الحساسة تقريبا · قد تكون الصدمة محسوسة فى المناطق البعيدة جدا ، بل وقد تكون مرئية ، لكنها لن تكون مؤذية ·

ثم يصل الصوت · سيحتاج الصوت فترة تزيد عن ١٦ ساعة كى يصل الى الناحية الأخرى من العالم ، فموجاته تتحرك فى الهواء بســرعة تبلغ ٣٤٤ مترا فى الثانية ·

على الأقل ، قد يصل الصوت · وهو اذا وصل فلن تصل موجاته المتحركة خلال الماء والهواء فى شكل انفجار واحد ، وانما فى شكل دمدمة هدير عميق قد يستمر لفترة · وليس من المستحيل أن تلف موجات الصوت بضع دورات ، مثلما تفعل موجات السطح فى تحركها خلال القشرة ، ليعود الصوت بضع مرات ، كصدى قيام الساعة · تضمحل موجات الصـــوت بسرعة الهواء ، ويتوقف مدى اضمحلالها على حرارة الهواء ، وعلى تردد الصوت نفسه · فالترددات الأعلى أسرع ضياعا ، وهذا هو السبب فى سماعنا للأصوات البعيدة عادة كدمدمة ضوضاء ضعيفة · نعود الى حالة مراقبنا · الأغلب انه سيسمع دمدمة عميقة جدا ، لأن الصوت فى تحركه على مدى نصف محيط الأرض سيفقد نحو ٧٦٠٠٠ ديسيبل فى الهـــواء الدافىء اذا كان تردده ١ كيلو هيرتس (أى ١٠٠٠ دورة فى الثانية) ، فاذا كان تردده ١٠٠ هيرتس فقط فسينخفض بمقدار ٦٠٠٠ ديسيبل ، أما اذا كان التردد ٢٠ هيرتس فقط فلن يفقد أكثر من ٢٠٠ ديسيبل ، لكن هذا التردد أدنى من أن ترصده أذن آدمى ·

وأخيرا ، تصل موجات التسونامى ـ موجات المد التى لا علاقة لها بالمد ـ لتغمر اليابسة محطمة فى طريقها كل شىء ، تاركة خلفها الدمار والخراب ، وتربة أجدبها التشبع بماء البحر المالح ٠

تنتج موجات التسونامى عن الصدمات السيزمية التى تتولد أسفل قاع البحر أو ـ فى حالتنا هذه ـ عنده ٠ والحقيقة أنها موجات جاذبية تنشأ عن طرطشة تنتج عادة عن تحرك مفاجىء فى قاع البحر ٠ انها مجرد موجات ضخمة كتلك التى تحدث فى « البانيو » ، وهى تتحرك ببطء ، فسرعتها لا تزيد عن ١٧٨ ـ ٢٢٠ مترا فى الثانية (نحو ٦٤٠ ـ ٧٩٠ كيلو مترا فى الساعة) ، وطول موجاتها فى البحر العميق المفتوح يبلغ كيلو مترا أو أكثر ، وارتفاع الموجة على السطح لا يزيد عن متر وقد يقل٠ وطول هذه الموجات وسرعتها مرتبطان : فكلما ازداد طول الموجة ازدادت سرعتها ٠ وهى تتحرك ببطء لكن تقدمها أسرع بكثير من الموجات العادية ـ موجات المد ـ ويندر أن يلحظها البحارة ٠ انها تنطلق وسط اضطراب البحر ومعه ، وهى لا تغير سلوكها الا اذا وصلت مياها ضحلة ٠ وكلمة تسونامى كلمة يابانية تعنى « موجة الميناء » ٠ فاذا ما قيدها قاع البحر قصرت موجاتها ، وازدادت سعتها ، وقلت سرعتها ـ فتراكمت ـ لترتفع الموجة وتشكل حائطا من الماء قد يتحرك بسرعة تصل الى مئات الكيلومترات فى الساعة ، وهى سرعة تجعل هروب الكائنات الحية أمرا صعبا ٠

ويبلغ ارتفاع معظم موجات التسونامى ثلاثة أمتار أو أربعة ـ بالرغم من سمعتها الرهيبة ، وان كان منها موجات أكبر بكثير ٠ فموجات التسونامى التى أعقبت انفجار بركان كراكاتو عام ١٨٨٣، تلك التى أهلكت المناطق الساحلية على جانبى مضيق سوندا ، على بعد نحو ١٥ كيلو مترا من كراكاتوا ـ هذه الموجات كان ارتفاعها ٣٨٫٤ مترا ، ولقد أمكن رصد موجات أخرى ، نتجت عن هذا الانفجار ، على الساحل الغربى لأمريكا الجنوبية وفى هاواى ، ولكنها بعد هذه الرحلة الطويلة لم تسبب أية أضرار ٠

لكنا نتعامل الآن مع واقعة سيزمية أكثر عنفا بمراحل من انفجار كراكاتوا ٠ لا شك وأن قد حدثت موجات تسونامى على شواطىء المحيطات بكل مكان فى العالم ، الأغلب أن ارتفاعها قد وصل مئات الأمتار ، ان لم يكن

كيلو مترات ، على الشواطىء الأقرب لموقع الاصطدام بأمريكا الشمالية وأوراسيا ·

وعلى هذا فلابد أن العالم كله قد اهتز عندما تحركت الموجات السيزمية من بؤرة الواقعة خلال صخور الأرض · ثم تبعتها موجات الصدمة التى تحركت خلال الماء · ليصل بعدها الصوت ـ عصف الانفجار وصداه ، وأخيرا تصل التسونامى لتسحق كل شاطىء مكشوف · لكن هذه ليست سوى الآثار الأولى المباشرة · ثمة آثار أخرى غيرها ، علينا الآن أن نتناولها ·

الفصل السادس

السماء والبحر والصخر

ما أن تلاشت الآثار المباشرة للصدمة حتى ظهرت الآثار الثانوية . ومثل هذه ستكون أقل مأساوية من الآثار المباشرة ، لكنها ستكون أهم بكثير من وجهة نظر التطور .

ربما تكون الصدمة التى سرت الى كل مكان بالقشرة الأرضية قد تسببت فى تحركات أرضية ثانوية تؤدى الى زلازل أكثر والى زيادة النشاط البركانى . على الفور تثور البراكين التى كانت على وشك الانفجار أو التى كانت فى سبيلها الى الانفجار على أية حال بعد بضع سنين . لكن من المستبعد أن تظهر براكين جديدة أو تعود الحياة الى براكين خمدت من زمن بعيد . ان البراكين هى التعبير الخارجى لتلك الضغوط التى تتراكم فى بطء شديد على آماد طويلة من الزمن بسبب تجمع المادة فى غرفة للصهارة (الماجما) بعيدا عن سطح الأرض . اذ تقع المادة نفسها ـ الصهارة ـ تحت ضغط شديد جدا ، فتصبح ، برغم سلوكها تحت السطح سلوك السوائل فى نواحى عديدة ، سائلا دبقا كثيفا للغاية طالما بقيت تحت السطح . ومن المستبعد جدا أن يعجل من هذه العملية أية صدمة على السطح مهما بلغت قوتها .

اقترح فريد هوييل ـ وقد ذكرناه سابقا ، فهو الرجل الذى وصف نوايا المذنبات بأنها « كرات ثلج قذرة » ـ اقترح أنه اذا دخل شمال الأطلنطى جسم قطره عشرة كيلو مترات بسرعة ٢٠ كيلو مترا فى الثانية، فانه يثقب قشرة المحيط ثقبا قطره نحو ١٠٠ كيلو متر . وهو يعتقد أن موقع الصدمة كان على حيد وسط المحيط أو قريبا منه جدا ، وأن النشاط التكتونى الذى نبهته الصدمة قد أدى الى ظهور أيسلنده .

ربما كان علينا أن نقول كلمة عن بنية الطبقات الخارجية من الجزء الجامد من الأرض . من المعتقد أن الصخور العليا تشكل صفائح صلبة ـ صفائح تكتونية ـ تتحرك على سطح وشاح من مادة تسلك سلوك السائل .

ومادة الوشاح باديء ذي بدء أكثف من الصفائح الصلبة التي تعلوها ·
والحركة داخل الوشاح بطيئة جدا وتتحرك الحرارة فيه بالحمل الحراري ،
تماما كالسوائل المألوفة · واذا ما تحرر الوشاح من الضغط العالي ـ كما
يحدث في الانفجارات البركانية ـ فانه يتدفق مثلما السائل ، لكنه سائل
يختلف كثيرا عما نفهمه عادة من كلمة « سائل » · انه مثلا لا يشبه الماء
على وجه الاطلاق · وربما كان علينا ان نجد بديلا لكلمة « قشرة » ، لأن
الأرض لا تشبه على الاطلاق قشرة الفطيرة ، فهي غطاء صلب يغطي
ســـــائل ·

ثمة حد واضح بين قشرة الأرض والوشاح ، يطلق عليه اسم « حــد
موهوروفيشيك » أو « موهو » اختصارا ـ على اسم الجيوفيزيقي الكرواتي
الذي اكتشفه · لكن علينا أن نتذكر انه حد ما بين مادة عليا كثيفة ومادة
سفلى اكثر كثافة بكثير · وعلى هذا فعندما يتحدث هوييل عن « ثقب
القشرة » فلا يجب أن نتصور ثقب قشرة فطيرة أو قشرة الثلج فوق بحيرة ·
انما هو ازاحة للمادة العليا وحتى عمــــق يكفي لكشف المــــادة الأسخن
والأكثف · لو أن هذا قد حدث ، فلا شك على الاطلاق في أن التقاء الماجما
الساخنة مع ماء البحر البارد ـ أو حتى الذي يغلي ـ سينتج انفجــارا
آخر هائلا ، عندما تندفع المياه لتحل محل ما ضاع في سحابة البلازما ·

على أية حال ، تقع أيسلنده على قمة حيد منتصف المحيط على قمة
بركاني طولي يثبت نفسه بما ينتجه من حمم وينابيع حارة وطين يغلي · من
الصحيح أن أيسلنده لا تزال تنمو ـ ولقد ذهل العالم لما ثبت له هذا
عندما ظهرت جزيرة سيرتزي من المحيط قرب شاطيء ايسلنده منـــذ
عشرين عاما ونيف · وأيسلنده بالطبع موقع مثير بالنسبة للجيولوجيين
ـ لأنها ترقد فوق بركان طولي ـ ولقد درست دراسة ضافية ، فلم يعثر بها
على أية صخور عمرها يزيد عن ٦٥ مليون سنة · بزغت ايسلنده من
البحر عقب انفجار بركاني هائل حدث منذ نحو ٦٥ مليون سنة ·

هذه حقيقة ثابتة ، سواء وافقنا هوييل أو لم نوافقه على أن ذلك كان
بسبب ارتطام كويكب ، أو أسهم فيه كويكب · قد تبدو فكرة هوييل متهورة ،
ولكنها ليست كذلك · ثمة كثير من الحفر الكبيرة التي تحوي جبالا في
مراكزها ـ القمر ممتليء بمثل هذه الحفر · هل نجرؤ على الافتراض بأن
أيسلنده البركانية هي مجرد جبل في مركز مثل هذه الحفرة الأرضية ؟
لا أحد يعرف ، طبعا ، لكنه احتمال مثير ·

ربما ثقب الكويكب قشرة الأرض · تتكون قشرة المحيط من صخور
اكثف من صخور قشرة اليابسة ، وبذا فمن المحتمل أن تكون الحفـــرة

فى قاع البحر أضحل بكثير من الحفرة على اليابسة · اكتشف هذا الفارق بين كثافتى القشرتين عندما قورنت القوة المغنطيسية فوق النوعين · كان من المعروف عندئذ أن القشرة بقاع المحيط أرق سمكا من قشرة اليابسة · ثمة مناطق يبلغ فيها سمك قشرة اليابسة نحو ٤٠ كيلو مترا ، لكن متوسط سمك قشرة قاع المحيط هو ٧ كيلو مترات فقط · وعلى هذا فاذا كانت للصخور نفس الكثافة ، فان الجاذبية ستكون أكثر قليلا فوق قشـــرة اليابسة عنها فوق قشرة قاع المحيط · لكن هذا فى الواقع ليس صحيحا · وهذا لايعنى الا أن كثافة ٧ كيلو مترات من قشرة قاع البحر تعادل كثافة ٤٠ كيلو مترا من قشرة اليابسة · اذن ، فصخور قشرة قاع المحيط أكثف ٥ر٧ مرة من صخور قشرة اليابسة · فاذا كان لاصطدام كهذا الذى نعالجه الآن أن يسبب حفرة عمقها ما بين ٢٠ الى ٣٠ كيلو مترا فى قشرة اليابسة، فعلينا أولا أن نطرح عمق الماء قبل أن نهتم بكثافة الصخر · عندئذ سنجد أن المعادلة لحفرة العشرين ــ الى ــ ثلاثين كيلو مترا على اليابسة هـــو حفرة عمقها ٨ر٢ ــ ٥ر٤ كم فى قشرة محيط تقع تحت أربعة كيلو مترات من الماء · هذه هى الحفرة النهائية ، لكن الأثر الفيزيقى للصدمة سيصل الى أعمق من هذا بكثير ، ربما الى عشرة كيلو مترات أو أكثر · لن يخترق الكويكب اذن صخور القشرة ــ فلن يتبقى منه الا القليل ــ لكنه قد يحرر بعضا من مادة الوشاح عن طريق تبخير جزئى لصخوره السطحية ·

لابد أن الاصطدام قد سبب نقرة هائلة فى السطح · دعنا ننسى الآن أن أيسلنده قد تكون راقدة فى مركز حفرة ، ولنلتفت الى الحفرة نفسها · أين هى الآن؟ المؤكد أننا لابد أن نجد بعض الآثار لمثل هذه الواقعة الكارثة، شيئا أكبر من مجرد بعض التلوث الكونى فى صلصال التخوم ·

لا نستطيع أن ننكر أننا اذا وجدنا حفرة لها الحجم والعمر الملائمان، وفى الموقع المعقول ، فان هذا سيعضد نظرية الاصطدام تعضيدا كبيرا · لكن غيابها لن يضعف النظرية الى الحد الخطير ·

قد تكون الحفرة موجودة ولكنا لم نعثر عليها ، بل الحق أننا قد لا نعثر عليها أبدا · اذا ما كان الكويكب قد سقط فى المحيط العميق ــ كما نقترح ــ فسيصعب أن نجد الحفرة التى صنعها · ثمة خرائط ممتازة لدينا لقاع المحيط لم تكن موجودة من أعوام قليلة مضت ، لكنها تحوى الكثير من المواقع الفـــارغة ، وملء هذه أمر بطىء يكلف الكثير · صحيح أن شهيتنا النهمة للمعادن ، واحتمال وجودها فى المخزون الوفير بقـــاع المحيط قد يشجع شركات التعدين الباحثة عن الثروة ، فتسرع من دراسة هذا القاع وأن تدفع التكاليف ، لكن ، حتى مع هذا ، ستمر سنين طويلة

قبل ان ترسم خريطة للمحيطات فى مثل وضوح خرائط القارات • ثم ان المعلم الذى نبحث عنه ربما يكون قد اختفى •

ان تزايد اتساع قاع شمال الأطلنطى ، الذى ظل وما يزال مستمرا منذ ما قبل نهاية العصر الطباشيرى ، يعمل على فصل القارات ــ لكن القارات التى نتحدث عنها هنا ستشمل اجزاء منها غرقت تحت ميــــاه المحيطات : الرفوف القارية التى تشكل الحواف الواطئة للقارات نفسها • وهذه الرفوف تغمرها مياه تعتبر ضحلة ، مقــارنة بالقــاع العميق لوسط المحيط ــ وتغذيها أنهر تنقل لها الغرين ، وليس هناك من سبب يدعونا لنفترض أنها كانت منذ ٦٥ مليون سنة مضت أصغر مساحة ، أو أنها كانت ترقد عندئذ تحت طبقة اقل عمقا من الرواسب التى تصلها اساسا من اليابسة • لو كان هذا صحيحا ، فان الماء الذى سيندفع ليملأ الفجوة عقب الاصطدام سينقل معه بالتاكيد كميات ضخمة من رمال وطين منجرف من مناطق اخرى بقاع المحيط • وعلى مدى الخمسة وستين مليون عام التى مضت منذ ذلك التاريخ لا شك وأن قد وصلت كميات أكثر من الرواسب• فاذا كانت الحفرة تقع فى أعماق المحيط فمن الجائز أن تظل مخفية ، واذا ما كانت فى المياه الضحلة على رف قارى فربما تكون قد دفنت تحت طبقة سميكة من الرواسب •

ولو كان الكويكب قد سقط على اليابسة كما يعتقد فريق الفارس ، فالأغلب أننا لن نجد لحفرته الآن اثرا • ستكون حافتها وقد تآكلت بسبب الجو ، وفجوتها وقد امتلأت ، والمنطقة من حولها وقد تسطحت ، وربما تكون قد التوت وانثنت نتيجة ما حدث من تحركات تالية فى قشرة الأرض• ان الحقيقة هى أن قشرة الأرض متقلبة لدرجة يصعب معها أن توفر سطحا عليبا يسمح ببقاء سجل ثابت لتاريخ مثل هذه الوقائع العارضة •

لا نعنى بهذا انه لا توجد مثل هذه الحفرة • فهناك الكثير من حفر الارتطام ، وبعضها قديم واسع • غير أن اكتشافها أمر صعب ، فالكثير منها لا يفصح عن هويته الا اذا صورت المنطقة التى يوجد بها من الجو ، عندئذ ستبدو كتشكيلات دائرية هائلة لا يستطيع الملاحظ على الأرض أن يكتشفها ، اذ قد يحجبها مثلا كساء نباتى كثيف • ومن المشكوك فيه أن نستطيع أن نتبين ونحن على الأرض حفرة قطرها ٢٠٠ كيلو متر فى غابة استوائية بجنوب أمريكا ، بل اننا نحتاج حتى فى منطقة التندرا الكندية مثلا الى اقمار صناعية لنكتشف وجود حفرة اصطدام اذا لم نكن نعرف بوجودها مســبقا •

لتحرك الصخور اثر آخر • رأينا أن السطح الخارجى الصلب للأرض لا يتكون من مجرد طبقة وحيدة من المادة ، كالجلد ، وانما من عدد من

الصفائح ، المكونة من الصخور الجامدة ، تطفو على سطح مادة أكثر كثافة وأكثر مرونة · فتحرك هذه الصفائح · ولأنها تتحرك ــ وبالرغم من أنها تهيىء سطحا متصلا للكوكب ، فليس ثمة ثقوب بالقشرة ــ فالسطح يتبدل باستمرار · فى بعض المواقع تنزلق الصفائح بعضها على بعض ــ ودائما فى شكل هزات ــ وفى مواقع أخرى تتحرك الصفائح سويا ثم تتجعد احداها لتشكل الجبال ، ثم ثمة مواقع أخرى قد تركب فيها صفيحة ظهــر المجاورة لها فينشأ حد ــ ضاعت عنده صفيحة ــ ضغطت ودفع بها الى أسفل ، الى وشاح الأرض ، حيث تصهر صخورها ليضيع منها أية سجلات قد تحملها ، وتحطم الى الأبد ·

من المنطقى أن نفترض بأن كل المادة التى تكون قشرة الأرض سيدفع بها ــ بمرور الزمن ــ الى الوشاح لتحل محلها مادة جديدة · ويبــــدو أن الوضع كان هكذا طيلة تاريخ الأرض ، فليس ثمة منطقة وجدت من قاع المحيط يزيد عمرها على ٢٠٠ مليون سنة· وهناك فرصةمعقولة ــ على مدى ٦٥ مليون سنة ــ أن يبتلع فى الوشاح معلم فى مكان ما بقاع المحيط يقع فوق حد صفائحى مدمر · (وهذا لا يسرى على البحار الضحلة ــ كالبحر الأبيض المتوسط وبحر الشمال ــ التى نشأت فى منخفضات القشرة القارية لا فى قشرة المحيطات) ·

ذكرنا سابقا أن شمال الأطلنطى ما يزال يتسع منذ ما قبل نهــــاية العصر الطباشيرى · أما سبب هذا الاتساع فهو حركة صفيحتين تتباعدان، وفى حركتهما يمتلىء الفراغ بينهما بمادة جديدة من الوشاح ، وبذا يتجدد القاع على طول الزمن · وليس ثمة منطقة ابتلاع فى شمال الأطلنطى ، وليس ثمة جزء من القشرة يتحطم هناك · هكذا تبدو العملية هادئة ، لكن الماجما لا تصل السطح فى هدوء · ان ثورة مادة الوشاح ــ بالتعريف ــ هى حادثة بركانية · لو أن حفرة تكونت عبر منطقة اتصال الصفائح ، فان حركة الصفائح ستقسم الحفرة الى قسمين ، ثم قد تندثر حوائط الحفرة بسبب الانفجارات البركانية ، ومن الجائز جدا أن يمتلىء المنخفض ــ لحد ما ــ بصخور جديدة · فحوائط حفرة كانت تتباعد بمقدار ٢٠٠ كيلو متر ، يصبح البعد بينها الآن ١٠٠٠ كيلو متر أو يزيد ، ثم اذا كانت الحوائط قائمة ، فسيصعب تمييزها من سلاسل الجبال الصغيرة تحت البحر ·

طلبنا منك أن تقبل مؤقتا تأكيدنا بأن الكويكب قد سقط رأسيا تقريبا ، وأنه قد سقط فى شــــمال الأطلنطى · وســــنقوم الآن بالدفاع عن زعمنا هـــذا ·

لماذا نفترض أن الجسم قد سقط رأسيا ؟ فمن الجائز على أية حال أن يكون قد دخل الغلاف الجوى فى مسار منحرف بعض الشىء ، ليهبط

الى السطح بشكل أضحل · ايجوز أن يكون قد قام بأكثر من دورة حــول الأرض قبل أن يسقط على سطحها ؟

لابد أن نسألك أولا أن تتأمل هندسة الاقتراب · لعلك واجد أن أفضل طريقة للبدء هى أن تتخيل البدر كما يبدو من فوق الأرض · تأمل مشكلة أن تصيبه بقذيفة من بندقية معك· يبعد القمر عنا بنحو ٤٠٠٠٠٠ كيلو متر، وهو يمثل هدفا نصف كروى ، تماما كما ستبدو الأرض من بعيد بالنســبة لجرم يقترب منها · ان المسافة بين حافتى القمر التى ستصوب اليهــا قذيفتك زاوية ضيقة جدا · ستكون محظوظا بالفعل ان أنت أصبت القمر أصلا · ان احتمال أن تصيب مركزه ، أو أية منطقة قرب مركزه ، هــو احتمال جد ضئيل حقا · والأغلب انك قد تصيب مكانا آخر خارجيا قرب الحافة · ولأن الهدف هنا له ثلاثة ابعاد لا اثنان فان هذا يعنى أن وصول القذيفة سيكون بزاوية ضحلة بالنسبة للسطح ·

يبلغ قطر الأرض ١٣٠٠٠ كم ، وعلى هذا فان مساحة نصف الكرة الأرضية يبلغ نحو بليون كيلو متر مربع · وهذا الرقم يبدو هائلا حتى بالنسبة لأقل الرماة مهارة · والهدف هنا من الحافة للحافة يبلغ أكثر قليلا من ٢٠٠٠٠ كم · غير أننا لا يصح أن ندخل كل هذه المسافة فى حسابنا ، لأن أى جسم يقترب بسرعة عالية جدا نحو الحافة سيخطىء الهدف تماما، على الأغلب · وبذا فربما كان لنا أن نسمح فقط بمسافة ٨٠٠٠ كم من مركز نصف الكرة كحد خارجى يمكن للجسم أن يصــيبه عمليا · ان العامل الحاسم هنا هو طول الفترة التى تستغرقها القذيفة فى مسارها داخــل الغلاف الجوى ، وهذا ما نستطيع حسابه · يبلغ العمق الرأسى للغــلاف الجوى نحو ١٥٠ كم · اعتبر أن هذا هو ارتفاع مثلث قائم الزاوية ، وأن طول قاعدة المثلث هى ٨٠٠٠ كم · هنا سنجد انه اذا ما تحركت القذيفة على طول وتر المثلث فانها ستسير خلال نحو ٨٠٠٠ كم من الهواء وبسرعة تبلغ ٢٠ كم فى الثانية · وهذا سيستغرق نحو ٧ دقائق ، أما اذا تحركت فى مسار عمودى فلن تستغرق الا ٧ر٥ ثانية فقط ·

عندما تخترق القذيفة الهواء ، سيتسبب احتكاكها بجزئيات الهواء فى تسخينها وفى فقدها الحرارة ، وقد تتحطم · وتحرر قدر كبير من الحرارة الى الهواء يدمر الغلاف الجوى ، اذ يســخنه بشدة ، مسببا التفاعلات الكيماوية داخله ، وتاركا به بعض مادته· ومن الصعب أن نتخيل كيف يستطيع أى كائن حى أن ينجو من انفجار هوائى كهذا · والانقراض كما نعلم لم يكن تاما ، فقد بقيت بعده كائنات حية ، وبقاء هذه الكائنات هو الذى يدفعنا الى القول بأن ما حرر من طاقة القذيفة فى الغلاف الجوى

نفسه كان قدرا أقل، وبذا فلابد أن الزمن الذى استغرقته القذيفة خلال الغلاف الجوى كان اقل ، وأن زاوية دخوله كانت أكثر انحدارا ٠

ماذا اذن لو كان الجسم قد ألقى به بالصدفة فى مدار لولبى حول الارض ، فتنخفض زاوية هبوطه الى مجرد درجات قليلة ، كما تنخفض ايضا سرعته ، بحيث يسلك سلوك مركبة فضائية عائدة ؟ ولابد أن تنخفض السرعة ، اذ يكاد يكون من المستحيل أن ينطلق جسم بسرعة ٢٠ كيلو مترا فى الثانية فى مدار حول الارض ، ذلك أن الجسم اذا وصل هذه السرعة فانه سيطير بعيدا الى الفضاء الواسع ٠ وعلى هذا فاذا افترضنا أنه دخل فى مدار أخذ يتناقص حتى أوصله ببطء الى سطح الأرض ، فلابد لنا أن نبتكر وسيلة ما تخفض من سرعته قبل أن يصل الى جدار الأرض ٠ ونحن لم نتمكن من هذا ! ولو أن هذا قد حدث رغم كل شىء ، اذن لنجمت عن ذلك نتيجة من اثنتين : اما أن يكون الجسم قد تحطم ـ وهو الأمر الاكثر احتمالا ـ وهو بعد على الحدود الخارجية للغلاف الجوى ، فانتثر الى سحابة من الحطام ، يسقط البعض منها فيما بعد ، واما أنه قد بطؤ للحد الذى يسقط معه كاملا على الارض ، وعندئذ سيظل باقيا حتى الآن ككتلة ضخمة من المادة الصلبة ٠

ان تصورنا للآثار المباشرة الناجمة عن الاصطدام يرتكز على حسابنا لقدر الطاقة التى يحويها الكويكب ، فالجسم يحوى نفس القدر من الطاقة بغض النظر عن الزاوية التى اقترب بها من الأرض ، لأن هذا القدر تحدده الكتلة والسرعة ٠ وفى مروره خلال الغلاف الجوى ، فالمحيط ، ثم فى قشرة الأرض ، سيفقد الجسم طاقته الى أن تنتهى جميعا آخر الأمر ٠ فاذا افترضنا أنه دخل بزاوية ضحلة جدا فاننا نفترض أنه مكث وقتا أطول فى الهواء ، لينقل بذلك قدرا كبيرا من طاقته فى الهواء نفسه ٠ ثم انه كان سيسخن كثيرا بالاحتكاك ، وربما ابتدأ فى التكسر الى شظايا كبيرة ، تسقط كوابل على مساحات واسعة جدا ٠ بل وربما انهى وجوده ليس كانفجار واحد ، وانما كحزام من الحطام منتشر حول الأرض ، وهنا ، لن يكون علينا أن نبحث عن حفرة ، فمثل هذا الوصول لن يصنع ثمة حفرة ٠

وليس من المستحيل أن يصل بهذه الطريقة مذنب ـ من ثلج معظمه ٠ ولدينا فكرة عما سيحدث عندئذ ، ذلك أن منطقة تونجوسكا بسيبيريا قد خبرت مثل هذه الواقعة سنة ١٩٠٨ (ارجع للفصل الثانى) ، وفيها وجدنا فى جوار موقع الاصطدام عددا من الحفر الصغيرة يتراوح قطرها ما بين ٥٠ و ٢٠٠ متر ، لا حفرة واحدة ـ الشىء الذى يشير الى أن الجسم قد تحطم فى الهواء ٠ فى تلك الواقعة قتلت الحرارة كل الحيوانات

فى منطقة يلغت ١٠٠٠ كيلو متر مربع . وتقدر كتلة هذا المذنب – الذى يعتقد البعض أنه السبب فى هذا الدمار بنحو ٥٠٠٠٠ طن فقط . والواضح اذن أن كويكبنا الأكبـــر حجما لابد وأن كان سيؤدى الى دمار أكبـــر بكثيـــر .

سيفقد كويكبنا كل طاقته تقريبا فى الهواء نفسه ، فيسخن الهــواء، كما يسخنه الهواء . ومثل هذا التسخين الشديد – وتذكر أننا نتعامل مع طاقة ١٠٠ تريليون طن من مادة ت ن ت ، سواء أفردت عند الاصطدام أم لم تفرد – مثل هذا التسخين سيجعل الحياة مستحيلة ، وليس فقط بالنسبة للأنواع التى انقرضت ، وانما بالنسبة لكل كائن حى . سيحترق الكساء النباتى ، أما الحيوانات فستطبخ (بالمعنى الحرفى للكلمة) ، ولابد وأن كانت الكائنات الدقيقة ستحمص فى مواطنها المعقمة .

لا ، وليس هذا كل شىء . تشع النيران الصغيرة قدرا معينا من الطاقة ، لكن أثرها على المادة من حولها يحدث أساسا عن طريق النقل أو عن طريق التسخين البطىء نسبيا ، الذى يجعل المادة القابلة للاحتراق تدخن بلا لهب قبل أن تبتدىء فى الاحتراق . ومثل هذه النار تنتشـــر بسرعة على ما يبدو . لكن ، من الممكن ايضا أن تنتشر النار بأسرع حتى من هذا ، ذلك أنه اذا ما تجاوزت طاقة النار حدا معلوما ، غدت الحرارة المشعة من الشدة حتى لتبدأ المواد البعيدة عنها فى الاشتعال ، مضيفـة بذلك الى كمية الاشعاع الحرارى . ان هذا الاشعاع هو ما يقوم بنشر النيران . وتكون النتيجـة أن تمتـد النار فى لمح البصر – كالانفجـار . عرفنا مثل هذه النيران – ففى الحرب العالمية الثانية كان للقذف المركـز للمدن بالقنابل الحارقة هذا الأثر الرهيب . ومن المحتمل جدا أن يكـون الاحتراق الهائل الذى حدث فى تونجوسكا قد نتج عن واقعة لانتشـــار النار بالاشعاع . فاذا ما كان لكويكب ضخم أن ينقل طاقته الى الغـلاف الجوى – وتذكر أن حرارة سطحه كانت ثلاثة أمثال حرارة سطح الشمس – فمن المستحيل أن يبقى على وجه الأرض كائن حى . بل الحقيقة أن الغلاف الجوى قد يحطم هو الآخـــر .

لكنه لم يحطم – هذا ما سنثبته الآن . صحيح أن الأثر على الكائنات الحية كان فاجعا ، لكن البعض قد نجا . استمرت الحياة . وعلينا اذن أن نحصر الكارثة لتصبح واحدة مما يمكن النجاة منها .

ثمة صعوبة أخرى تواجهنا فى نظرية الهبوط الضحل . فحتى لو تصورنا الجسم وقد دخل بطاقة أقل بكثير فلم ينفجر بعنف فى الهــواء (كما نتوقع اذا ما اقترب مذنب فى مسار موازٍ تقريبا لمدار الأرض نفسها،

ويسرعة نسبية منخفضة) فانه لن ينشر ما يكفى من معدنى الايريديوم والأوسميوم بالشكل الذى نجده · ان اقترابا طويلا ، يتشظى فيه الكويكب فيصل الأرض دون اصطدام كبير ، سينتج عنه توزيع مادة هذا الكويكب فى مساحات محددة ــ اما فى منطقة بذاتها أو ربما فى صورة حزام حول العالم أو عبر قارة أو محيط ، ولكن يصعب أن نفهم كيف يمكن له ان ينثر نفسه ــ كما فعل ــ فوق الكرة الأرضية بأكملها · فاذا كان هذا قد حدث برغم ذلك ، فان علينا أن نراجع أفكارنا عن تركيب المذنبات كى نسمح بوجود القدر الذى نعرفه من المعادن· وهو أمر على أية حال اقل لا معقولية مما قد يبدو ، وسنعود اليه فى الفصل العاشر ·

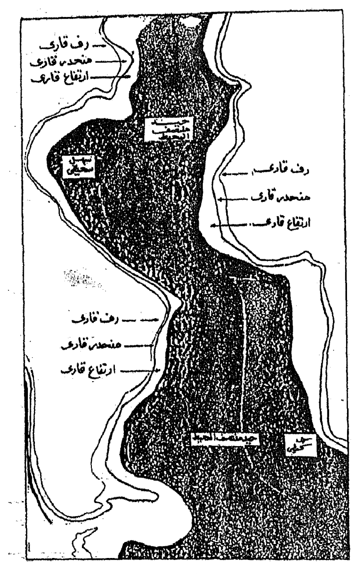
نخلص من هذا اذن الى أن الجسم قد اقترب من الأرض بزاوية شديدة الانحدار ، وأنه قد تحطم عند الاصطدام ، وأن الاصطدام قد تسبب فى حفرة ، بالرغم من أننا لم نعثر لها على اثر ·

لماذا افترضنا انه سقط فى شمال الأطلنطى ؟ دعنا نرجع الى توزيع المعادن الثقيلة فى صلصال التخوم · لعلك تذكر فى مشروع الحفر العميق بالباسيفيكى أن صلصال التخوم باللب كان غنيا جدا بهذه المعادن · ولقد كان الصلصال بنيوزيلنده أغنى من هذا ، ثم انه كان اكثر ثراء فى اسبانيا وايطاليا · اما فى الدانيمرك فقد كان ثراء الصلصال بهذه المواد اكبر بشكل هائل · كان صلصال نيوزيلنده فى الواقع يحوى من هذه المعادن ٢٠ ضعفا لمتوسطها فى قشرة الأرض ، أما الصلصال الايطالى فكان يحوى ٣٠ مثلا ، لكن صلصال الدانيمرك يحوى ١٦٠ ضعفا او اكثر · ان تصورنا لما حدث لابد أن يفسر هذا التباين : ونحن نعتقد أن سقوط الجسم فى شمال الأطلنطى يفسر هذا ·

دعنا نرجع الى سحابة البلازما الهائلة التى تركناها ترتفع فوق موقع الاصطدام · ماذا سيحدث لها ؟ ماذا سيحدث للمياه المندفعة ، عندما تلاقى الصخور المنصهرة · اننا لا نستطيع أن نعرف ما قد يحدث تحت ظروف كهذه ــ لا ولا نستطيع حتى ان نخمنه · لم يقم احد ــ لحد علمنا ــ بدراسة ظواهر السحب البلازمية ! ان دراسة الظواهر الجوية للهواء الأرضى العادى فيها من التعقيد ما يكفى دون أن نضيف اليها ديناميكا المغنطيسية المائية ! ان علينا أن نكتشف مثلا ماذا يكون اثر جذب الغازات نحو منطقة منخفضة الضغط ، تحاول فيه قوة كوريوليس (القوة المتعامدة على اتجاه الحركة الناتجة عن دوران الأرض) أن تحولها الى اتجاه ، بينما يحاول مجال مغنطيسى شديد أن يحولها الى اتجاه آخر · قد يحدث أى شىء · أما الشىء الوحيد الذى نعرفه مؤكدا فهو انه أيا كان ما حدث فان نتائجه لم تكن مما تهزج له الكائنات الحية ·

دعنا نفترض أن جزءا من مادة الكويكب نفسه قد قذف بها فى مدار حول الأرض ٠ وأن جزءا آخر قد احتجز ٱعلى الغلاف الجوى ، بينمـا بقى جزء ثالث الطروبوسفير (أنظر صفحة ١٢٩) من الواضـح أن الطاقة اللازمة لحمل هذه الأجزاء الى مواقعها ستزداد بازدياد بعدها ، وبذا فقد يكون القسم الاكبر من الطاقة من نصيب الجزء الذى دخل فى مدار مع سحابة البلازما أو بقاياها ٠ ماذا حدث لكل هذه المواد ؟ بالنسبة للجزء الدائر فى فلكه : سيهبط فى بطء ، على فترة تصل الى سنين ، فى شـكل سحابة تغلف الكرة الأرضية بأكملها ، أو فى صورة حلقة ــ تبعا لطريقة توزيع المادة فى مدار حول الارض ، فلابد ان نوافق على أنها قد هبطت، اذ لا يوجد الآن ثمة مدار كهذا ٠ أما المادة الموجودة فى أعلى الغـلاف الجوى فلابد وأن قد سقطت بالتدريج ــ ولكن قبل هبوط المادة المدارية ــ لتوزع بالتساوى حول الارض ، وان كانت قد تجمع فى أحزمة عرضية مميزة ٠ وسيكون سقوط المادة بالغلاف الجوى السفلى هو الأسرع ٠ وما نعرفه عن الغبار المتساقط ــ من مداخن المصانع ، ومن الانفجارات الذرية، ومن البراكين ــ يدفعنا الى الفرض بأن معظمها سيسقط على مقربة من المنطقة التى أطلق منها فى الهواء ٠ تتناقص كثافة الغبار المتساقط بسرعة بازدياد البعد عن موقع الاصطدام ٠ والأكثر من ذلك أن المادة الأقـل طاقة بأسفل الغلاف الجوى ستبرد بسرعة لتصل الى درجة حرارة تكثف بخار الماء الموجود داخلها ٠ لكنا لا نستطيع أن نعطى وصفا موثوقا به لحالة الهواء فوق المحيط عقب ارتفاع برميل النار ، بسبب الصعوبة التى نلاقيها مع حسابات ظواهر البلازما ، لكنا نعرف أن الهواء قد عاد الى طبيعته ، ربما بعد فترة قصيرة ، وأن الأمطار قد غسلت جزءا كبيـرا من الغبار الموجود بالهواء ٠

لن نضلل كثيرا اذا تصورنا الواقعة حادثة لاطـلاق رصاصة من بندقية : تنطلق الرصاصة من البندقية ، وسيلمع أيضا وميض عند الفوهة ــ بعض من لهب يتألف من نواتج الاحتراق الساخن لانفجار البارود ٠ وميض الفوهة يمثله فى حالتنا هذه سحابة البلازما وهى تقفز الى أعلى داخل الغلاف الجوى ، حاملة معها ما يوازى نواتج الاحتراق ــ وهى الآن معظم المواد التى يتكون منها الكويكب بالاضافة الى ماء البحر ٠ أما الطلقة نفسها فتمثلها الملفوظات ــ نعنى ماء البحر وصخور قاع المحيط التى قذف بها فى الهواء ٠ ثم ان وميض الفوهة سيترك البندقية بسرعة أعلى من سرعة القذيفة ٠ لكن الى هنا تنتهى أوجه الشبه ، لأن سـحابة البلازما تحتفظ بمعظم طاقة الواقعة ٠ وستسقط الملفوظات ثانية فى البحر٠ لتتحرك الى المناطق الساحلية للقارات على الجانبين ، كما أنها ستسقط بسرعة كبيرة ٠ أما سحابة البلازما فستتكثف ٠ فاذا افترضنا أن مركزها



هذا هو قاع المحيط الأطلنطي كما نجده اليوم ، يمتد بوسطه حيد الأطلنطي وتستقر ايسلنده شـــماله .

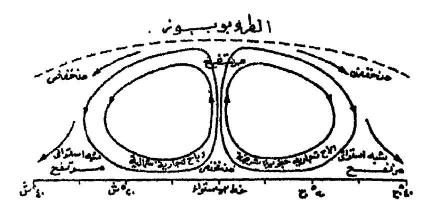
كان كثيفا جدا ، فلنا أن نتوقع أنها ستتكثف الى قطرات كبيرة ، وهـذه ستهبط بسرعة ، قريبا من موقع الاصطدام ·

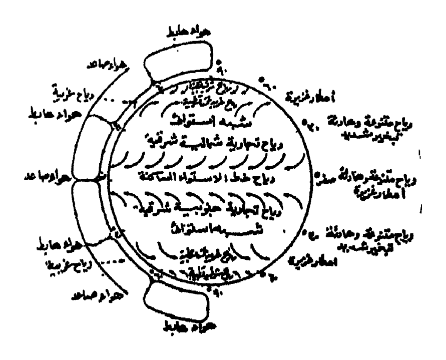
وعلى هذا فان غبار الحادثة سيتوزع فى تركيز عال نسبيا حول موقع الاصطدام ، ليتناقص التركيز بسرعة كلما ابتعدنا عن الموقع ، ثم ينتشر بالتساوى تقريبا حول بقية الكرة الأرضية غير أنه بالرغم من الفـارق الواضح فى التركيز بين المادة القريبة من موقع الاصطدام وتلك الموجودة بعيدا جدا عنه ، فسيصعب تفهم السبب فى ذلك الشذوذ الواضح الـذى نجده عندما نقارن الصلصال بالدانيمرك وأسبانيا وايطاليا · علينا أن نكتشف آلية تسبب تركيز الغبار بعد سقوطه على السطح · يمكننا أن نتخيل آلية كهذه تعمل بالمحيط ، لكن حدوث مثل هذا التركيز فى المادة التى سقطت على الأرض الجافة يتطلب عمليـة أكثر تعقيـدا ، ستكون على العمـوم أقل اقناعا ·

ان الأسهل أن نفترض أننا نتعامل مع حادثة وقعت فى نصف الكرة الشمالى ، لأن أعلى تركيزات الحطام توجد بالنصف الشـمالى للكرة الأرضية · ليس من المستحيل أن تكون الحادثة قد وقعت بالنصف الجنوبى لكن حركة هواء الطروبوسفير ضعيفة عبر خط الاستواء ، ونحن نحتاج الى حركة الهواء لنقل الغبار · قد نجد وسيلة نفسر بها مثل هذا النقل فى هذه الحالة الخاصة ، لكن الحاجة الى نقل المادة الى النصف الآخر للكرة الأرضية ثم تركيزها بعد ذلك ، هو قمر لا شك سيضعف المصداقية · دعنا نتفق اذن على أن الحادثة قد وقعت بنصف الكرة الشمالى ، ودعنا نتفق ايضا على أننا نتعامل مع حادثة وقعت بالبحر · ولما كان الشذوذ (نقصد الفارق فى تركيز الايريديوم والأوسميوم بالمناطق المختلفة التى فحصت) موجودا فقط فى أوربا ، ولا يوجد فى أية منطقة أخرى ، فمن المعقـول أن نفترض أن البحر الذى وقعت به الحادثة هو منطقة شمال الأطلنطى ·

والدانيمرك بالطبع ليست فى شمال الأطلنطى · وهى لم تكن فيه منذ ٦٥ مليون سنة مضت · اذن ، كيف وجد كل هذا الكم الوفير من الحطام طريقه الى الدانيمرك ؟ ·

لكى نجيب على هذا السؤال علينا أن نتذكر أن صلصال التخوم فى الدانيمرك مشهور باسم «الصلصال السمكى» فهو يحوى العديد من البقايا الحفرية للأسماك ، ويحوى منها أكثر من غيره فى معظم المواقع · فهـل كان هذا مكانا تسبح اليه الأسماك كى تموت ــ مثل مقبرة الأفيال الأسطورية (غير الحقيقية) ؟ الواضح أن هذا ليس صحيحا ، فالأسماك لا تسبح لتموت فى مأوى مفضل · هل كانت الظـروف فى البحـر ــ الذى كان عندئذ الدانيمرك ــ قاتلة للأسماك التى تدخله ، كان يكون ساما مثلا ؟ مرة





شكل (٥)

رسمان يوضحان التحركات الراسية والافقية للغلاف الجوى للأرض ٠

لاحظ فى كلا الرسمين ان قدرا ضئيلا فقط من الهواء يعبر خط الاستواء

اخرى ، هذا أمر مستبعد لأن الأسماك مجهزة بجهاز عالى الحساسية يسهل أمر بقائها بعيدا عن المياه السامة · قد تقع حقا فى شرك ماء يسممها بعد دخولها فيه ، لكن ، يكفى أن يحدث هذا مرة واحدة لتتجنبه الأسماك · ليس أمامنا الا تفسير واحد · تموت الاسماك حيث توجد ، ومعظمها يموت فى المحيط ، ثم تقوم تيارات المحيط وتيارات المد بنقل الجثث بعد المـوت الى الدانيمرك · ان هذه آلية لا تزال تعمل حتى اليوم · فما بين الفينـة والفينة يجذب الصيادون صيدا من اسماك ميتة ومتعفنة ، هى فى الأغلب بقايا صيد سابق ، تخلص منه آخرون بالقائه ثانية فى البحر ، ثم نقـل وركز فى منطقة معينة · فاذا كان للحركة الطبيعية للمياه أن تنقل الأسماك الى « جبانة » بعينها ، فمن الممكن أن تفسر نفس هذه الآلية نقل الحطام ، الهابطة فى الماء كجسيمات دقيقة ، ربما فى بطء ·

أى نوع من البحار اذن كان هذا الذى يغطى الدانيمرك ؟ لابد لنا أن نفترض بحرا تتدفق اليه المياه ثم لا تخرج ، او تخرج منها كميات ضئيلة · قد يبدو هذا بعيد الاحتمال ، لكنه فى الواقع أمر شائع للغاية · فالبحـر الأبيض المتوسط الحالى تدخله المياه المالحة من خلال مضيق جبل طارق ، كما تصب فيه مياه الأنهار العذبة ، اما البحر نفسه فلا يفقـد الماء الا بالتبخير · يتبخر اذن ماؤه من السطح ليعوضه الأطلنطى ، لكنه لا يعيد الى الأطلنطى الذى يغذيه الا القليل جدا من الماء ، ان كان يعيد شيئا على الاطلاق · اما تبادله للماء مع البحر الأحمر خلال قناة السويس فيتـم فى ادنى الحدود · ان الأمر يتطلب من البحر الأبيض ثمانين عاما كى يجدد نفسه ، أما البحر الأسود ـ الذى يغذيه البحر المتوسط ـ فيجدد نفسه بمعدل أبطأ من هذا ·

والبحر المتوسط هو ما يسميه برنامج البيئة التابع للأمم المتحدة باسم « البحر الاقليمى » ، نعنى أنه بحر ضحل يكاد يحاط تماما باليابسة ، وهو ليس الا واحدا من العديد من البحار الاقليمية · ولكى نتفهم لماذا يسبب التلوث خطرا استثنائيا بالنسبة لهذه البحار دعنا نفحص بعناية موضوع ملوحة البحر الأبيض · فبالقرب من مضيق جبل طارق ـ حيث تدخل مياه الأطلنطى ـ سنجد الملوحة مساوية تقريبا لملوحة المحيط الواسع لكن الملوحة تزداد بشكل واضح كلما اتجهنا شرقا ، لأن تبخر المياه من السطح يركز الملح فى الماء المتبقى · ولما كان هذا هو ما يحدث للملح ، فلا شك أنه يحدث أيضا بالنسبة للملوثات ، وهذا بالفعل ما يحدث · فهى تركز أيضـا ·

من الجائز أن يكون بحرنا الدانيمركى القديم من هـــذا الصنف · فالأسماك الميتة ، والتلوث الكويكبى ، وكل ما لا يستطيع السباحة فيقرر بنفسه التوجه الى هناك ، هذه جميعا قمينة بأن تسحب الى هذا البحر لتدفن

فيه • ولا يلزم أن تكون العملية سريعة • ثمة متسع من الوقت • كان المناخ معتدلا فى نهاية العصر الطباشيرى • ويكاد يكون من المؤكد أن متـوسط درجة حرارة الهواء فوق هذا البحر كان هو نفس المتوسط الآن فوق البحر الأبيض ، بل وربما أعلى • كان الماء يتبخر من السطح ليحل محله مـاء المحيط ، وتجمعت بالقاع تلك المواد التى نقلها الأطلنطى •

فى طين القاع لابد وأن قد ثبط التحلل الطبيعى الذى تقـوم به الميكروبات الهوائية • ونحن نعرف هذا بسبب وجود أحافير الأسماك • فلو أن الأسماك قد تحللت بالطريقة العادية لما بقى منها شىء ليتحفر • لابد وأن كان الماء وقد نزع منه الأكسيجين ، وربما كان راكدا ، وكان النشاط بالطين مختلفا • ولابد وأن كان ثمة نشاط ، فغياب الأكسيجين فى حـد ذاته ليس بالعقبة أمام أعداد كبيرة من أنواع الكائنات الدقيقة ، تلك التى عمر أسلافها العالم قبل أن يكون له هذا الجو الغنى بالأكسيجين • ستعمل هذه الميكروبات على محتويات الطين ، لتطلق الى سطح الماء غازات تبقبق كريهة الرائحة ، وبعملها هذا قد تحرك المعادن التى لا تحتاجها ، تاركة اياها فى مواقع خاصة • ان قيام الميكروبات بتركيز المعادن أمر موثق جيدا ومعروف ـ تحت نفس هذه الظروف بالتحديد ، التى نفترض وجودها فى البحر ، الذى ردم فى نهاية الأمر ، وجف ، ليصبح الدانيمارك • اننا لا نقول ان الاصطدام قد حدث فيما هو الآن الدانيمرك ، انما نقول ان البحر الذى كان موجودا آنذاك مكانها قد جمع الغبار من مساحة كبيـرة من الأطلنطى •

من الممكن أن تترسب فى شـمال الأطلنطى مادة نتجت عن حادثة وقعت فى مكان آخر • يرتفع الهواء الساخن ويهبط الهواء البارد مكونا خلايا ، هى نموذج للحركة العمودية • ونحن نعرف مواقع هذه الخلايا فى زماننا هذا ، ولكننا لا نعرف شيئا عن مواقعها فى الماضى السحيق • فالمادة التى رفعت فى الماضى قد ترسب فى أى مكان • اذا أخذنا هذا فى الاعتبار فعلينا أن نبحث عن مواقع اصطدام أخرى محتملة • وأول هذه المواقـع هو بحر تيثيز ، الذى كان مغلقا خلال العصر الطباشيرى ـ ويقع بين شبه الجزيرة العربية وأوراسيا • ولقد اختفى هذا البحر تماما نتيجة تصادمات الكتل القارية • ليس هناك الكثير مما يمكن قوله عن حفرة بهذا البحر ، سوى أنه قد اختفى من الوجود منذ ملايين السنين • أما الاحتمال الثانى فهو البحر التيرهينى فى حوض البحر المتوسط ، الذى تحده ايطاليا وصقلية وسردينيا وكورسيكا ، وفى مركزه توجد واحدة من أعمق مناطق البحـر المتوسط • والصخور حوله تحمل معالم منشأ غير عادى ، ونعنى بهذا عادة منشأ ناتجا عن نشار بركانى عنيف حول البحر استمر طويلا • ولكن ، هل التاريخ البركانى لمهد الحضارة الغربية هذا هو التفسير الأوحد ؟ ان

الفكرة مثيرة ، ولكن ، لأننا لا نستطيع أن نعرف شيئا عن طريقة تحـرك المادة الى الأطلنطى ، فى الوقت الذى نستطيع فيه أن نبتكر طريقة تتحرك بها المادة من الأطلنطى الى الدانيمرك ، فاننا نفضل فكرة أن يكون مكان الاصطدام قريبا من حيد منتصف المحيط ٠

لدينا تحليل اذن لتركيز المعادن المرتفع جدا بالدانيمرك ولتوزيعها الأكثر توازنا فى بقية انحاء العالم ٠ ولقد حان الوقت كى نعود الآن لفترة ما بعد الاصطدام بقليل ٠

ما زال عمود النار والذيل الكثيف أعلاه حيث تركناهما ، وان كنا قد ازلنا من الغلاف الجوى السفلى قدرا كبيرا من المادة وأعدناه الى البحر ٠ لكن ، ماذا عن الغلاف الجوى العلوى ، والحيز الداخلى ؟ سيكون به قدر ضخم من المادة ، حتى ليحجب ضوء الشمس تماما ٠ سيحل الظلام على الأرض ، أو على الأقل فوق الجزء الأقرب الى منطقة الاصطدام ٠ عندما حدث انفجار كراكاتوا عام ١٨٨٣ كان على الناس على مدى يومين ونصف أن يستخدموا المصابيح أثناء النهار ، وذلك على مدى منطقة نصف قطرها ٨٠ كيلو مترا ٠ ما طول الفترة التى خيم فيها الظلام عقب هـذا الاصطدام الطباشيرى ؟ وما حجم المنطقة التى حلت فوقها الظلمة ؟

صعب جدا أن نعرف هذا ٠ يلزمنا عند معالجة أية ظاهرة مناخية أن نهتم بخط العرض الذى وقعت عنده الحادثة ٠ تقع كراكاتوا فى المنطقـة الاستوائية ٠ وأثر الغبار والرماد بهواء المناطق الاستوائية على المنـاخ اكبر بكثير من اثره عند خطوط العرض الأعلى ، ويرجع هذا الى سـلوك الكتل الهوائية ٠ فالهواء الذى يسخن بالمناطق الاستوائية يرتفع الى أعلى ليحل محله هواء ابرد ٠ ولما كان الهواء الأبرد موجودا على جانبى خط الاستواء ، فانه يتحرك نحوه من الشمال ومن الجنوب ، وبذا تحدث دورتان مميزتان واحدة بنصف الكرة الشمالى والأخرى بالجنـوبى ٠ ثمة قدر بسيط من خلط الهواء يحدث حيث تلتقى ــ متواجهتين ــ كتلتا الهواء ٠ فالمادة التى تدخل الغلاف الجوى لأحد نصفى الكرة الأرضية قد تحمل نحو خط الاستواء ، ولكنها على العمـوم لا تعبره ٠ لكن هناك استثناء ٠ ذلك أنه اذا دخلت المادة الستراتوسفير قريبا من خط الاستواء، وبها من الطاقة ما يكفى ، فقد تحمل عبر الخط الى الناحية الأخرى ٠ عندئذ تتوزع المادة فى نصفى الكرة الأرضية كليهما ٠ تدخل المادة اذن نظام الدوران الاستوائى الذى يحمل الهواء أساسا من خط الاسـتواء واليه ، وبذا فقد تحمل الى خطوط العرض المتوسط ، حيث يعمل نظـام دوران آخر شمالى ــ جنوبى ٠ فاذا كانت المادة مما يؤثر فى المنـاخ ، فسيعم تأثيرها مناخ الكرة الأرضية كلها ٠ اما اذا دخلت المادة الغـلاف

الجوى عند خطوط العرض العليا ، فمن الجائز جـــدا أن تظل حبيسة موقعها ، لتؤثر فقط فى مناخ نصف الكرة الأرضية الذى توجد به • بعد أن ذكرنا هذا ، علينا أن نتذكر أننا نتعامل مع حادثة أكبر بمراحل من انفجار كراكاتوا ، وبذا فان ما نفقده فى المدى ، سنكسبه فى الوفرة •

قدر فريق الفارس أن الظلام قد خيم على العالم زمنا قد يصل الى خمس سنوات • واقترح و • هـ ماكريا أن الأمر يتطلب ٣ ــ ٥ ســنوات كي تسقط كل المادة • لكن هذا شيء آخر • يغرينا أن نستقرىء من حادثة كراكاتوا فنفترض أن الظلام قد استمر أضعافا بقدر النسبة بين حجم المادة الملفوظة فى الواقعتين • لكن الأمر للأسف أعقد من هذا بكثير • فمعــدل تساقط الجسيمات من الجو معدل أسى ، وفترة بقاء الجسيمات فى الغلاف الجوى السفلى أقصر من أن يكون لها غير اثر مؤقت • وفى حالتنا التى ندرسها ، فان الكثير يعتمد على الطريقة التى اختلطت بها الغازات فى السحابة الأصلية • وهذا موضوع سنعود اليه فى الفصل التالى • كان فريق الفارس يبحث عن تفسير للآثار البيولوجية عندما حاول تقدير فترة الاظلام • وهذا غرضنا نحن ايضا ، وثمة غرض آخر سنعود اليه فى فصول تالية • أما الآن ، فيكفى أن نشير الى أن النتيجة المأساوية لا تحتاج ان يمتد الظلام خمسة أعوام ، ولا حتى ثلاثة • فعام واحد يكفى ، بل وقد تكفى بضعة أشــهر •

كان اهتمامنا فى هذا الفصل منصبا على الآثار المباشرة لاصطدام كويكب وهذا أمر معقول ، فهذا هو ما نتصور أنه قد حدث • ولكن ، ماذا يكون عليه حجم الفارق لو أن الجسم المصطدم كان مذنبا ؟

قد يكون الأمر مجرد تفرقة دون فارق • لو أن كويكبنا كان واحدا من اجسام ابوللو ــ مجرد كتلة من صخر كونى لها مدار يتقاطع مع مدار الأرض ــ فسيكون مذنبا « ميتا » • ان معظم الأجرام داخل النظام الشمسى لها مدارات يمكن تفسيرها بنظريات تكوين النظام نفسه • لكن المذنبات وأجسام ابوللو تعتبر استثناءات ، لأن افلاكها لا تتوافق مع النموذج العام • لذا فمن المغرى أن نفترض وجود تفسير واحد يصلح لكليهما ، وأن المذنبات وأجسام ابوللو لها أصل شائع ، أى أن أجسام ابوللو هى مذنبات من نوع خاص • ثمة عنصر من المماحكة هنا ــ لأنه حتى لو كان لهــا أصل شائع ، فان تركيب أجسام ابوللو ــ الصخر الجامد ــ يختلف عن تركيب « كرة الثلج القذرة » المفترضة للمذنبات المألوفة • يلزمنا أن نتفحص مدارات هذه الأجسام حتى نحدد كيف يصطدم أى منها بالأرض ــ وسنقوم بهذا بالتفصيل فى الفصل العاشر ــ أما الآن فان ما يهمنا هو تركيب هــذه الأجــرام •

يصعب كما ذكرنا أن نتصور كيف يستطيع المذنب أن يوفر كل هذا القدر من المعادن الموجودة فى صلصال التخوم • وفيما عدا هذا فليس ثمة فارق كبير • فالأثر على أية حال ينتج عن الطاقة المبذولة ــ وكما رأينا فان مذنبا صغيرا ينطلق بسرعة ، قد يحوى من الطاقة قدر ما يحمل كويكب كبير يسير ببطء • وتحطيم نواة المذنب سيعطى قدرا أقل بكثير من المادة الصلبة ، ولكن ، لما كانت كتلة الجرم المصطدم بالسطح لا تشكل الا جزءا ضئيلا من القدر الكلى للمادة الملفوظة الى الهواء ــ فهذه تحددها طاقة الاصطدام ــ فان أهمية الكتلة ستكون محدودة • وبنفس الشكل ، اذا دخل المذنب فى مسار ضحل ، فانه سيحترق فى الغلاف الجوى ليسبب نفس القدر من التسخين ، لأن هذا يتوقف على الطاقة المبذولة وليس على مجرد حجم الجرم المعنى • ربما اختلفت كيمياء الواقعة قليلا لاختلاف التركيب الكيماوى (المفترض) بين الكويكبات والمذنبات ، ولكن ، لما كانت الآثار على الأرجح ستنتج من الاصطدام لا عن تركيب الأجرام المصطدمة نفسها ، فان التركيب الكيماوى لن يهم كثيرا • والواقع أن المذنب سيعطى تقريبا الأثر الذى يسببه الكويكب ، ولكنه لم يكن يعطى كل هذا القدر من الايريديوم والأوسميوم •

حان الوقت كى نتخلى عن السوبرنوفا كسبب • اقترح أن انفجارا لسوبرنوفا قد يلقى بكميات كبيرة من المادة الدقائقية فى الغلاف الجوى الأعلى • لن تكون السوبرنوفا نفسها هى مصدر المادة ، وانما الغبار الذى صوح به من سطح القمر فى اتجاهنا • وهذا لا يهم كثيرا ، لأن حادثة السوبرنوفا اذا ما وقعت قريبا من الأرض ــ بحيث تعصف بغبار القمر فى اتجاهنا ــ فلابد وأن تغمر الأرض أيضا وكل ما عليها من كائنات باشعاع كونى مكثف • يلزم أن تقع مثل هذه الحادثة على بعد منا يقدر بثلاثين فرسخا نجميا (نحو ٩٧ر٥ سنة ضوئية) • وقد تسبب مثل هذه الحالة بعض مالاحظناه من آثار ، ولكن هل كان فى مقدورها أن تنقل المادة الموجودة بصلصال التخوم ــ من القمر ؟ الحقيقة أنه ليس ثمة شواهد قوية على وقوع انفجار سوبرنوفا بهذا القرب خلال تاريخ النظام الشمسى بأكمله ، كما لا توجد أية أسانيد على وقوع أية حادثة أرضية بهذه الطريقة •

مرة أخرى ، لم يبق معنا الا الكويكب • قمنا بوصف القوة التى سينفجر بها عند الاصطدام ، قمنا بوصف الفرقعة ، وبوصف الهزات التى ستحدث بالعالم كله ، تخيلنا الزلازل ، والبراكين ، والتسونامى الأكبر من كل ما حدث فى تاريخ البشرية • ولقد قلنا أن القوة تعادل كل

ذخيرة العالم من الأسلحة الذرية مجمعة ، ضوعفت عشرة آلاف مرة ، ثم فجرت جميعا فى لحظة واحدة بموقع واحد ·

سيحطم الارتطام ـ شمال الأطلنطى ـ من الناحية البيولوجية · ليس ثمة وسيلة يستطيع بها أى كائن حى ان يفلت من الموت · أما فى شمال شرقى أمريكا وفى غـرب أوراسـيا فسيحـدث تخريب هائل ، وسيموت الكثير من الأحياء ·

لكن ، ماذا سيحدث للحيوانات بالباسيفيكى ، أو بنصف الكرة الجنوبى ، بجنوب أمريكا ، أو بشمال غربى أمريكا ؟ لماذا تتأثر الحياة الرتيبة فى افريقيا بأية حادثة حتى لو كانت فى مثل فظاعة هذه ؟ فى كلمة ، لماذا تسبب مثل هذا الاصطدام فى فناء بعض الأنواع ـ ولا نقول كلها ، وان كان هذا ليس صعب التفسير ، غير انا عندئذ لن نكون هنا نحاول التفسير ؟

ان الكثير من الكائنات الحية الدقيقة يستطيع ان ينجو من هذه الكارثة ، لا سيما البحرى منها · انها لن تقاسى اكثر من هزة شديدة ومزج عنيف ، الا اذا كانت قريبة جدا من بؤرة الواقعـة · ولكنهـا تستطيع أن تشفى سريعا ، لتستمر حياتها الغامضة المجهولة ، وليستمر التطور نفسه ·

لقد فعل التطور اكثر بكثير من مجرد الاستمرار · واذا كان لنا ان نتفهم ما حدث بعد ذلك فلابد أن نحاول ان نكشف : لا ماذا قتل كل هذه الأنواع ـ ونحن نعتقد أننا نعرف هذا ـ وانما كيف قتلت · ما السبب فى انقراض الأنواع ؟ ماذا سنكتب على شهادة وفاتها ؟

الفصل السابع

أسباب الوفاة

عظمنا كثيرا من الكيمياء الغريبة لصلصال التخوم التى تسم نهاية العصر الطباشيرى ، ولقد حان الوقت لنتحدث قليلا عن هذا الموضوع ، ذلك أن المحتوى المعدنى ليس هو كل ما يميز هذه التخوم عما فوقها وما تحتها ·

ظهرت فى السنين القليلة الأخيرة طريقة يمكن استخدامها فى اعادة تشكيل الماضى · ثمة نظيران مهمان للاكسيجين موجودان بالغلاف الجوى للأرض (الأكسيجين ١٦ واكسيجين ١٨) · ويبلغ متوسط نسبة النظير ١٦ فى اكسيجين الجو نحو ٧٦ر٩٩٪ اما نسبة النظير ١٨ فتبلغ نحو ٢٠ر٪ · ونسب النظائر تحددها السوبرنوفا الأصلية التى انتجت العناصر المكونة للنظام الشمسى · هى اذن نسب ثابتة ، وتبقى ثابتة · وعندما يتأكسد الكربون ليكون ثانى اكسيد الكربون ، تبقى نسبة النظيرين فيه كما هى ، نعنى أن ثانى أكسيد الكربون يحوى نظيرى الأكسيجين بنفس نسبة وجودهما فى اكسيجين الجو (أو غيره) ·

وثانى اكسيد الكربون هو الصورة الغازية لحامض ضعيف جدا هو حامض الكربونيك ، وهذا الغاز لا يذوب منه فى الماء الا كميات ضئيلة ، يمكن أن تتفاعل مع المعادن · وتستوعب بعض الكائنات الحية بعض هذه الكربونات ــ لا سيما كربونات الكالسيوم ــ لتستخدمها فى بناء أجسامها · وأهم الكائنات التى تعتمد كثيرا على كربونات الكالسيوم هى الرخويات ــ القواقع والأسماك الصدفية ــ والأنواع الميكروسكوبية التى لا تعد ولا تحصى والتى تحيا بين البلانكتون ، اى أن كتلة مثل هذه الكائنات تتراوح ما بين حجم خلية واحدة ، الى يرقات وصغار الكثير من الأسماك التى تنجرف قرب سطح ماء البحر أو فى المياه العذبة الواسعة · لكن هذه الكائنات تختار أحد نظائر الأكسيجين ، وتفضله على غيره ، بحيث يمكننا القول بوجود آلية انتخاب بيولوجى · وعندما

تموت هذه الكائنات ، فان بقاياها من كربونات الكالسيوم – التى لا تذوب فى الماء – تظل محتفظة بالنسب المختارة لنظائر الأكسيجين ٠

وتحرير ثانى اكسيد الكربون الى الجو ، وتكوين الكربونات ، وحجم عشائر الكائنات التى تستخدم كربونات الكالسيوم ، كل هذا انما يتوقف على الظروف المناخية ، لا سيما درجـة الكالسيوم ، كل هذا انما الرسوبية التى عرضت الى الكثير من التحريف والانضغاط عبر الملايين من السنين ، قد لا تقدم الا القليل من الشواهد المفصلة عن قدر النشاط البيولوجى زمن تكوينها ، لكنها قد تحوى بقايا الكائنات فى صورة كربونات كالسيوم ٠ وعلى هذا ، فان تحليل عينات من هذه الصخور لتحديد نسب نظائر الأكسيجين سيكشف لنا عن قدر النشاط البيولوجى ، ومن هذا يمكن أن نحسب درجة حرارة الماء التى يمكن أن تحدث عليها هذه الدرجة من النشاط ٠ توجد معظم العناصر فى صورة نظائر عديدة ، وليس الأكسيجين بالعنصر الوحيد الذى يجرى عليه الانتخاب البيولوجى بهذه الطريقة ٠

اهتم البعض بنظائر الأكسـيجين فى الاختبـارات العـديدة التى اجريت لعينات اللب المأخوذة من قاع الباسيفيـكى فى مشروع الحفر باعماق المحيط ٠ ومن نتائج الاختبارات التى اجريت على عينات من مواقع مختلفة اتضح أن حرارة قاع المحيط وسطح مائه فى النهـاية الأخيرة للعـصر الطباشـيرى قد ارتفعت مابين درجـة مئوية وخمس درجات ٠ وهذا لا يعنى ارتفاعا عاما فى درجة الحرارة ، فليس لدينا ما يعضد هذا ، وانما يقدم اثباتا للصورة التى رسمناها لمقدر ضخم من الحـرارة بذل فى ذلك الوقت ٠ كان ارتفـاع الحـرارة مفاجئا ، وقصيرا ٠

ولقد قدرت أيضا نظائر الكربون ، فاتضح وجود نقص فى كربون ١٣ تتراوح قيمته ما بين ١ر٠ ، ٣ر٠٪ ٠ للكربون نظيران ثابتـان : ١٢ و ١٣ ٠ والانخفاض فى كربون ١٣ انما يعنى زيادة متناسبة فى كمية كربون ١٢ ٠ وكما هو الحال مع الأكسيجين ، سنجد أن الكائنـات الحية تنتخب نظيرا من نظيرى الكربون وتفضله على الآخر ، نعنى أن النقص فى كربون ١٣ لا يعنى على الاطلاق نقصا فى الكربون ككل ، وانما قد يشير الى زيادة فى كمية الكربون الكلية ، طالما كان الكربون من أصل بيولوجى ٠ علق كينيث هسو على هذا عام ١٩٨٠ قائلا انه « يعادل التغير الناتج لو أن الغلاف الحيوى الأرضى باكمله قد وضع فى المحيـط » ٠ طبيعى أن الغـلاف الجـوى الأرضى لم « يوضـع فى

المحيط » ـ فالكائنات التى ماتت على اليابسة ظلت على اليابسة ـ لكن عددا كبيرا جدا من الكائنات البحرية ـ التى تحوى نسبة أعلى من الكربون ١٢ ـ قد ماتت ٠

هل يوجد ثمة تفسير بديل للتفسير البيولوجى ؟ لما كانت نسبة الكربون ١٣ الى ١٢ ثابتة بالنسبة للكربون الأرضى ـ وهى نتيجة أخرى للظروف النجمية التى تتشكل تحتها العناصر الثقيلة ـ فان علينا أن نجد مصدرا للكربون الخفيف اذا كنا نبحث عن تفسير بديل ، مصدرا أكثر ثراء بالكربون ١٢ ٠ اقترح هسو أن الجسم الكونى الساقط قد يكن وهو نفسه المصدر ٠ لكربون النيازك والكوندريت (كتل المادة الكربونية الموجودة فى بعض النيازك الحجرية) نفس التركيب النظائرى لكربون الأرض ، وبالرغم من أن الكربونات بها تتكون من كربون ثقيل جدا (فهى غنية بكربون ١٣) ، فقد اقترح هسو أن المذنبات قد تحوى أول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكربون الأخف بكثير ـ بسبب طريقة تكونيهما ٠ غير أن جدله تخمينى وغير مقنع عموما ٠ اقترح أن الجسم المصطدم قد يكون قادرا على نقل الكمية المطلوبة من الكربون الخفيف ، غير أن كمية الكربون الخفيف فى حالتنا هذه ستكون أكثر من اللازم ، لأننا اذا سمحنا للواقعة بأن تقتل عددا كبيرا من الكائنات الحية فان الكربون الخفيف فى بقاياها لابد وأن يذهب الى مكان ما ، وأكثر الأماكن احتمالا هو الرواسب التى ترسبت فى ذلك الوقت ٠ عموما ، فاننا نفضل أن نعتبر النقص فى كربون ١٣ مقياسا لحجم الأثر البيولوجى للواقعة ٠

اننا نبحث عن طرق نستطيع بها أن نعيد تركيب الوقائع التى أدت الى موت الكائنات الحية ٠ قد تبدو المهمة غير ضرورية اذا كنا قد أقنعناك بأن مثل هذه الوقائع نفسها هى نتيجة واقعة بالضخامة التى حاولنا وصفها ٠ غير أن طبيعتنا الجدلية لن تقبل بمثل هذه النتائج الفورية السريعة وانك لن تجد طبيبا فى أيامنا هذه يقبل « كبر السن » كسبب للموت ، ونحن لا نستطيع أن نقبل اليوم فكرة « الاصطدام بكويكب » الا اذا عرفنا الطريقة التى حقق بها الكويكب أثره الرهيب ٠

وقبل أن نستطرد ، ربما كان من الأفضل أن نفكر فى هذا الأثر ٠ فما الذى اندثر ، وما الذى نجا ؟ اذا عرفنا ذلك فربما توصلنا الى بعض الدلائل ، وربما تمكنا من ابتكار نظريات ـ حتى ولو كانت غير نهائية ـ عن التغيرات فى البيئة التى قد تؤدى بعض الكائنات دون الأخرى ٠

لقد اختفى من طبقة الحقب الثلاثى القديم نحو ٧٠٪ من كل الكائنات التى كانت تحيا فى نهاية العصر الطباشيرى · هذا هو مدى الانقراض ككل ، ولكن كيف توزع هذا الانقراض ؟

لقد تأثر البلانكتون الجيرى بشدة ــ نقصد البلانكتون الذى يحتوى على كربونات الكالسيوم ويعتمد عليها · ولقد تلاشت المنخربات مثلا ، صحيح انها عادت ثانية للحياة ، لكن اعدادها لم تصل ابدا الى ما كانت عليه فى بحور العصر الطباشيرى · والمنخربات حيوانات بروتوزوا بسيطة ، والكثير منها وحيد الخلية ميكروسكوبى الحجم ، لكن بعضها عديد الخلايا ، وقد ينمو ليصل قطره الى نحو ١٥ سنتيمترا · وهذه العمالقة من المنخربات طبقية الشكل ، وتوجد فى الحجر الجيرى بسوريا وبعض الأماكن الأخرى · وكل هذه المجموعة من الحيوانات تعيش داخل قشرة أو صدفة ، وعندما تموت ترسب أصدافها الى قاع البحر حيث تتراكم· والمنحدرات الجيرية الشهيرة فى دوفر بجنوب انجلترا ليست الا بقايا منخربات · وثمة طبقة سميكة منها على ارتفاع ٦٧٠٠ متر على جبل ايفرست تشير الى ان هذا الجبل كان يوما ما قاعا لبحر ·

ظهر خلال تاريخ الأرض ما يقارب ٢٠٠٠٠ نوع من المنخربات ، لم يعد منها الآن الا ١٢٠٠ ، معظمها بحرى · ثمة صفة مميزة تشترك فيها هذه الأنواع جميعا ــ وكانت تشترك فيها فى الماضى ــ وهى تلك الدرجة العالية من التأقلم لبيئتها ، وكثيرا ما يكون ذلك حتى على مستوى محلى جدا ، ثم انها تتميز ايضا بحساسيتها الشديدة للتغير فى هذه البيئة · والبعض منها يعيش بقاع البحر ، والبعض منها يطفو مع البلانكتون قرب سطح البحر · ورواسب المحيط الغنية ببقاياها تسمى « الطرين الجلوبجرينى » · وبعض المنخربات حساسة بوجه خاص للتغير فى درجة الحرارة ، بحيث توجد أولا توجد ــ كما انها للغرابة تحلزن قوقعتها الى اليمين أو الى اليسار حسب درجة حرارة البيئة ، وبذا فمن الممكن ان تستخدم كمؤشرات للمناخ القديم ·

ولقد كان الأثر على النانوبلانكتون كبيرا جدا · وهذه الزمرة من الكائنات التباينة تجمع فقط على اساس الحجم والمنطقة التى توجد بها · والمقطع « نانو » يعنى « قزم » ــ والنانوبلانكتون كائنات دقيقة للغاية تحيا بين البلانكتون ·

والنانوبلانكتون تعتبر ــ تقنيا ــ من النباتات ، وهى تصنع السكريات عن طريق التمثيل الضوئى ، والبعض الآخر حيوانات لأنها

تتغذى على النباتات أو على بعضها البعض · والنباتات البلانكتونيـة (الفيتوبلانكتون) هى المنتج الايكولوجى الرئيسى فى البحار الواسعة ، حيث تقوم بالدور الذى تقوم به النباتات الخضراء على اليابسة · ولقد كان يظن حتى زمن قريب أن انشط الفيتوبلانكتونات فى القيام بهذا الدور هو الدياتوم ــ وهذه كائنات وحيدة الخلية مغلقة بصدفة شـفافة من السليكا ، ويصعب رؤية اكبرها بالعين المجردة · ويعيش الكثير من الدياتومات منفردا ، الا ان البعض قد يلتحم سويا فى شكل سلاسل ، كما أن للبعض الآخر ــ مما يعيش منفردا ــ أصدافا تتطاول لتتخذ صورة الشعر الطويل · وهذه الخصائص تجعلها أوضح الفيتوبلانكتونات · على انه قد وجد مؤخرا أن أهم المنتجين كائنات أصغر تسمى السوطيات ، ولقد كانت هذه تعتبر من النباتات بالرغم من أن طريقتها فى التغذية تضعها فى مكان مابين النبات والحيوان ، أما الآن فثمة نظام جديد للتقسيم · لهذه الكائنات أسواط تسبح بها وتصنع بها تيارات صغيرة تسوق الغذاء نحوها · والأسواط هى بروزات دقيقة تخرج من جدار الخلية وتبدو كالذيل أو الشعر الناعم حسب عددها ، وهى لا تقتصر على الكائنات الحرة وحيدة الخلية ، فالكثير من خلايا اجسامنا نحن له أسواط ، كما أن حركة الأسواط هى التى تنقل بها حواسنا المعلومات عما حولنا الى الأعصاب التى تنقلها الى المخ · واللولبيات (الاسبيروكيت) كائنات وحيدة يكاد يكون جسمها كله سوطا واحدا · وثمة بعض من علماء الحياة يشتبهون بأن كل السوطيات تتكون من خلية بداخلها واحد من اللولبيات · وقد يزداد هذا الاشـتباه قوة بحقيقة أن اللولبيـات والأسواط تتركب تماما بنفس الطريقة اينما وجدت ·

ولما كانت هذه البلانكتونات هى أهم منتجى الغذاء فى البحر ، فى حين أن كل الحيوانات الأكبر تعتبر مستهلكة ، فان اى تغير فى حجم عشائرها يزيد أو يخفض من مستوى الانتاج فى البحر لابد وأن ينعكس على عشائر الحيوانات الكبيرة ·

ربما انحرفنا الآن قليلا عن سياق الموضوع لنشرح دورة الطاقة ــ وكذا الغذاء ــ داخل المحيط او داخل أى شبكات غذائية ·

ان العملية دورية ، ولنا ان نبدأ الوصف من أية نقطـة ، لكن البداية التقليدية هى ذاتيات التغذية ــ المنتجون · تتألف هذه أساسا من النباتات الخضراء ــ من كل حجم ، بداية بالطحالب وحيدة الخلية وحتى أكبر أشجار الغابات ، لكن الطحالب هى الأهم بالنسبة لحجم ما تنتجه اذا أخذنا العالم ككل · وهذه الكائنات تحول الماء وثانى اكسيد الكربون الجوى بالتمثيل الضوئى الى سكريات ، ويوفر لها ضوء الشمس

الطاقة اللازمة · وفى نفس الوقت فان الكائنات الدقيقة التى تعيش أساسا فى التربة أو ماء البحر تستطيع أن « تثبت » المواد المعدنية البسيطة لتستوعبها فى أجسامها ، ثم تقدمها كمركبات يمكن للنبات استخدامها عندما تموت · فالنيتروجين على سبيل المثال - برغم وفرته - لا قيمة له فى حالته الغازية بالنسبة للنبات ، لكن النبات يأخذه كنترات بعد أن تعالجه مجموعة معينة من البكتريا · وذاتيات التغذية تستخدم كطعام لغيرها من الكائنات ، وهذه عادة ما تكون من الحيونات ، وتسمى على وجه الدقة « عضوية التغذية » ، نعنى أنها كائنات لا تستطيع أن تصنع طعامها بنفسها وانما يلزمها أن تأخذه فى صورة جاهزة ، وتحوره بالأيض حسب احتياجاتها · هى اذن كائنات مستهلكة · فاذا كانت تعتمد كليا أو جزئيا على غذاء من الكائنات المنتجة فهى اذن « مستهلكة أولية » ، نعنى عواشب · أما اللواحم فتتغذى على العواشب ، وبذا فهى مستهلكات ثانوية · فاذا ما كانت تتغذى على غيرها من اللواحم فهى مستهلكات ثالثة ·

فى نصف الحلقة هذا ، يستخدم ضوء الشمس والحرارة لتوفير الطاقة للتفاعلات الكيماوية التى تستخدم فيها الجزيئات العضوية البسيطة فى صناعة جزيئات أكثر تعقيدا ، ومن ثم تجمع هذه فى هيئات الكائنات الحية التى نراها من حولنا ، وتمدها بأسباب الحياة ·

أما النصف الآخر من الحلقة فيختص بتكسير هذه الجزيئات الكبيرة الى الجزيئات الأصلية الأبسط ، التى تعود ثانية الى البحر ، أو الى الماء الأرضى أو الى الهواء ، لتبتدىء ثانية عملية البناء ، وتكتمل الحلقة · وهذا النصف الثانى من الحلقة - الخاص بالتحليل - يعتمد على سلسلة من الكائنات الحية توازى سلسلة التركيب ، لكنها ترتكز على أنشطة الكائنات الدقيقة بشكل أكبر بكثير ·

يمكننا اذن أن نتصور الأنواع مرتبطة بالعلاقات الغذائية فى شبكة مركبة · كما يمكن تصور العلاقات فى هذه الحلقة بطريقة أخرى ترتكز على امكان ترتيب الكائنات فى تسلسل هرمى · فاذا أخذنا الجزء البنائى من الحلقة وقسمنا الكتلة الكلية - الكتلة الحيوية لجميع الكائنات العاملة فى كل مستوى - المنتجة والمستهلكة الأولية ، والثانوية ، والثالثة - فمن الممكن أن نمثل هذا برسم بيانى من درجات كل يمثل مستوى ، لها جميعا نفس الارتفاع بينما يمثل العرض الكتلة الحيوية · عادة ما يرسم الرسم البيانى بحيث يكون أعرض الدرجات بالقاع · فاذا نفذنا ذلك فسيشكل لنا هرم مدرج ، يسمى « الهرم الحيوى » ·

واهميته لا تخفى . لقد وضعنا الكائنات المنتجة بأسفل ، وفوقها المستهلكات الأولية فالثانوية فالثالثة . الواضح أن المستهلك لا يستطيع أن يأكل الى أن يعجز النوع الذى يأكله عن التكاثر ليسد النقص . ولقد وجد على العموم أن الكتلة الحيوية عند كل مستوى تبلغ تقريبا عشر الكتلة الحيوية للمستوى الأدنى مباشرة .

وكل ما يغير الكتلة الحيوية عند أى مستوى سيؤثر فى الهرم كله ، لكن مدى الأثر سيعتمد على موقع التغير . فزيادة الكتلة الحيوية عند معظم المستويات تسبب تغيرا بسيطا فى المصدر الغذائى أسفلها ، لكن ذلك فى نفس الوقت سيؤدى الى زيادة كمية الغذاء للكائنات بالمستوى الأعلى مباشرة فينخفض حجم العشيرة مرة أخرى ويستعاد الازدان . تأمل مثلا اثر زيادة فجائية فى أعداد العواشب . ستقوم العشيرة بعد أن ازدادت بضغط متزايد على الغذاء المتاح ، فتتناقص كميته ، لتؤدى قلته فى نهاية الأمر الى الهجرة ، أو حتى الموت جوعا ، وبذا تستعيد عشيرة العواشب حجمها الأول . على انه من الجائز قبل أن يحدث هذا أن تزداد أعداد اللواحم التى تفترس هذه العواشب . يتزايد الافتراس ، وتكون النتيجة مرة اخرى هو استعادة الاتزان الأصلى . وهذا المثال نظرى جدا بالطبع : فالعلاقات فى العالم الحقيقى اكثر مراوغة . اذا ما ازداد المستوى الأدنى فسيزداد الاستهلاك الأولى لنستعيد الاتزان . أما اذا انخفض المستوى الأدنى ، فسيحس الهرم كله بالصدى ، وتكون النتيجة النهائية على الأرجح هرما أصغر ، ربما وقد أزيل منه المستوى الأعلى — المستهلكات الثالثة — لعدم وجود الغذاء الكافى لها .

الواضح اذن أن انخفاضا حادا فى الفيتوبلانكتون سيؤدى الى فناء الأنواع على قمة الهرم البحرى .

ان ما يسم نهاية العصر الطباشيرى هو الانخفاض الحاد الفجائى فى المنخربات والنانوبلانكتون . ولقد وصف هذا بوضوح ج . سميت ، ج . هيرتوجين سنة ١٩٨٠ بقولهما : « عند فحص المارل الماستريختى الحديث فى قطاع كارافاكا بأسبانيا — وسمكه يزيد عن ٢٠٠٠ متر — لم نجد أى تغير معنوى فى المزاملات الأستوائية الغنية للمنخربات البلانكتونية والاحافير الثانوية ، وذلك حتى آخر سنتيمتر فيه ، هنا تختفى كل المزاملات تقريبا داخل ٠ — ٥ ملليمترات ... وهذا يعنى أن الانقراض قد حدث خلال نحو مائتى سنة » . وفى رأينا أن زمن الانقراض لا يمكن أن يتجاوز مائتى سنة ، بل وقد يكون أسرع من ذلك .

اما المثير حقـا ، فهو أن أنواع النانوبلانـكتون التى نجت من الواقعة هى تلك المعروف عنها تحمل الظروف التى لا تسـتطيع معظم الأنواع تحملها ــ بل وربما تفضيلها ٠

اختفت رخويات الامونايت تماما على أثر الصدمة ٠ أما على الأرض فقد قتلت كل الحيوانات التى تزن أكثر من نحو ٢٥ كيلو جراما ٠ ولم تتأثر النباتات على اليابسة كثيرا ٠ كانت كاسيات البذور الحديثة قد ازدهرت تماما على نهاية العصر الطباشيرى ــ كما رأينا فى الفصل الثالث ــ ثم استمرت فى التطور بالحقب الثالث ، وليس ثمة من سبب يدعو للفرض بأن الواقعة كان لها أثر على تطورها ٠ كما نجت حيوانات الميا ه العذبة فلم تصب بأذى كبير ٠

كان للواقعة اذن آثار متباينة ٠ تأثر البلانكتون بشدة ، اختفى الأمونايت ، اختفت الحيوانات الكبيرة على اليابسة ، لكن نجت نباتات اليابسة وحيوانات المياه العذبة الصغيرة ٠ ما الذى يمكن أن يسبب هذا النموذج ؟

دعنا نعالج فكرة أن كمية الغبار التى قذف بها الغلاف الجوى كانت تكفى لتحجب ضوء الشمس ٠ اقترح والتر الفارس هذه الفكرة ، لكنها نقدت على اساس انه مهما كان حجم كتلة الجسيمات التى تدخل الغلاف الجوى فان الزمن اللازم لسقوطها سيظل ثابتا تقريبا ، ويرجع هذا ــ كما يمضى الجدل ــ الى انه كلما ازدادت كثافة سـحابة الغبار كلما ازدادت فرصـة التصـادم بين الجسـيمات ٠ وعنـدما تصـطدم الجسيمات فان البعض منها سيلتصق بالبعض الآخر ، مما يزيد من وزنها ، فتسقط ٠ وعلى هذا فان فترة بقائها فى الغلاف الجوى تتناسب عكسيا مع عددها ٠ ببساطة : كلما ازداد عددها كلما ازدادت سرعة سقوطها ٠ ولما كان سقوط أية سحابة من الجسيمات بالغلاف الجـوى السفلى يمضى بمعدل أسى ، فان الزمن اللازم لاختفاء السحابة سيكون ثابتا تقريبا بغض النظر عن كثافتها الأولى ٠

ان ما يهم اذن ليس هو مصير الجسـيمات فى الغـلاف الجوى السفلى ، وانما مصير الجسيمات فى الستراتوسفير ٠ فالجسيمات فى الغلاف السفلى لا تستطيع أن تبقى فترة أطول من أن تسبب غير الآثار العابرة ٠

تكونت السحابة ــ فى الحالة التى نفحصها الآن ــ أساسا عن تكثيف سحابة من الغبار ، وليس عن جوامد قذف بها من أسفل الى

الغلاف الجوى . ويتوقف الكثير على كثافة هذه السحابة . فالجسيمات الدقيقة لا تشكل الا اذا كانت السحابة غير كثيفة . فاذا كانت كثيفة تكونت قطرات كبيرة تسقط فورا كالمطر . وسيكون سقوطها على الأرجح داخل منطقة محددة .

ثمة اعتراضان خطيران ضد هذا النقد . دعنا أولا نفترض وجود عدد كبير من الجسيمات الدقيقة . هل تتصادم الجسيمات الصغيرة فعلا فى الهواء ؟ تقترح التجارب التى اجريت من سنين عديدة عن انتثار الايروسولات من المرذاذ أن هذا لا يحدث . وأن الاصطدامات حتى فى السحابات المكثفة جدا بالجسيمات ليست بأكثر شيوعا منها بين المجاميع الكثيفة من النجوم بوسط المجرات . صحيح أن الاصطدامات تحدث ، ولكن ليس كثيرا ، وفترة بقاء الجسيمات فى الجو لا تتأثر بها كثيرا .

اما الاعتراض الثانى فيختص بالكثافة الفعلية للسحابة اللازمة لحجب ضوء الشمس ، أو ما يسمى علميا باسم « كثافة العمود » . تأمل الغطاء الورقى فى غابة من الأشجار العريضة الأوراق . اذا وقفت على أرض الغابة ونظرت الى أعلى فقد يستحيل عليك رؤية السماء ، لن ترى غير الأوراق . ليس هذا لأن الأوراق قد تكدست سويا باحكام عند احد المستويات ، ولكن لأنها تتداخل معا على مستويات كثيرة . ليس المهم فقط هو عدد الأوراق (أو الجسيمات) عند ارتفاع معين لكن المهم هو العدد مابين سطح الأرض وقمة الغلاف الجوى . ولما كانت هذه السحابة بالذات قد قذف بها الى أعلى بقدر من الطاقة لم يسبق له مثيل ، فلنا أن نفترض أنها ستتوزع رأسيا من أدنى المستويات الى أعلاها ، وحتى قرب الفضاء نفسه ، اذا ما كان الأمر كذلك ، فستكون السحابة غير كثيفة حقا اذا قيست على أى مستوى واحد ، ولكنها ستنجح فى أن تحجب ضوء الشمس بشكل فعال تماما .

يمكننا أن نشهد هذا الأثر بوضوح على كوكب الزهرة . يبدو هذا الكوكب اذا نظرنا اليه من الفضاء وقد غلف بسحابة كثيفة ، حتى ليستحيل أن نحظى ولا حتى بلمحة من سطحه . وعندما انزلت الآلات بهدوء على سطحه أوضحت الصور التى أرسلتها واستقبلناها مسطحا جافا صخريا ، وسماء لا يغطيها سحاب وانما ضباب رقيق . فالرؤية الأفقية داخل الغلاف الجوى للزهرة جيدة . والسحابة الكثيفة ليست فى الحقيقة سوى عمود من الضباب الرقيق عميق جدا .
وليس هذا كل شىء . فلو أن بعضا من المادة اتخذ له مدارا خاصا حول

الأرض ، فمن المرجح أن يتساقط تدريجيا الى الغلاف الجوى ليزود مادته بمادة آتية من فوق ٠

اننا نعرف الكثير عن سلوك الجسيمات فى الغلاف الجوى ٠ فى عام ١٩٦٣ انفجر بركان جبل آجرنج بأندونيسيا ، ودرست آثاره بالتفصيل ٠ بعد الانفجار ارتفعت حرارة الستراتوسفير قرب خط الاستواء ٦ ـ ٧ درجات مئوية ، وبقيت الحرارة بضع سنين أعلى ، بدرجتين أو ثلاث ، عما كانت عليه قبل الانفجار ٠ ولم يسجل أى تغير فى حرارة الطروبوسفير ٠ وبقيت كل المواد التى قذف بها البركان داخل الغلاف الجوى ٠ فاذا ما كان للمادة أن تترك الغلاف الجوى لتتخذ مدارا لها حول الأرض ، وتتساقط بعد ذلك بالتدريج ، فان « ظاهرة آجونج » لا تخدمنا فى تفهم هذا ، كما لا تخدمنا التقارير القديمة عن انفجار كراكاتوا ٠

من المستبعد أن تتسبب المادة الملفوظة الى الغلاف الجوى فى اظلام طويل ، لكن المادة التى تدخل باستمرار من أعلى الغلاف الجوى يمكنها أن تفعل هذا ٠ قد يكون رأى فريق الفارس صحيحا ـ بأن العالم قد دلف الى الظلام وبقى مظلما لفترة طويلة (تصل الى خمس سنوات فى رأى هذا الفريق) ٠ فهل يسبب مثل هذا الاظلام الآثار التى نعرف أنها قد حدثت ؟

سيتوقف التمثيل الضوئى اذا كان الاظلام تاما ، وسينخفض بدرجة كبيرة اذا كان جزئيا ٠ سيموت الكثير من النباتات الخضراء ، وسيموت منها أولا الأصغر والأبسط ٠ ستتلاشى وبسرعة الفيتوبلانكتونات البحرية ، وباختفائها يتناقص البلانكتون الحيوانى الذى يتغذى على الفيتوبلانكتون ، أو يختفى كلية ٠ سيقدم الاظلام تبريرا مرضيا للانقراضات البحرية ٠

لماذا كان تأثير نباتات اليابسة أقل حدة ؟ لاجابة هذا السؤال علينا أن نبدأ بالتساؤل عما نعنيه بكلمة « اظلام » ٠ قد يبدو المعنى واضحا ٠ لكن الاظلام بالنسبة للنبات يعنى اختفاء ضوء الشمس ٠ وقد يختفى ضوء الشمس بالنسبة للنبات ولا يختفى بالنسبة للحيوان ٠ فمن الممكن أن يغلف الرماد أوراق النبات لا سيما اذا كانت الأوراق مبتلة عندما يسقط الرماد ، فيلتصق بها بشدة ٠ وتكفى طبقة رقيقة ـ كاملة ـ من الرماد كى يثبط التمثيل الضوئى ٠ وأثر مثل هذا الغلاف هو نفس أثر الاظلام ٠

بعد أن أوضحنا هذا لم تعد الاجابة صعبة · فربما تكون النباتات نفسها قد ماتت ، لكن بذورها ـ المغلفة فى أمان داخل أغلفة ضد الماء (وقد يكون بعضها ضد الحريق) والمخبأة تحت سطح التربة ـ هذه البذور قد تبقى حية بضع سنين ، أو سنين طويلة · ان بذور الحبوب على سبيل المثال قد نبتت بعد قرون من التخزين فى قبور أجدادنا العظام ، فهى تبقى قابلة للانبات طالما حفظت فى جو بارد جاف · وعلى هذا فمن الممكن جدا أن تكون معظم نباتات السطح قد ماتت ـ بل وحتى كلها ـ ثم عادت ثانية بعد انقضاء أعوام ·

ومثل هذا الظلام قد يفسر الأثر الواضح الحدة على النباتات الأكثر بدائية ، ومعظم هذه النباتات مستديمة الخضرة غير مكيفة لدورة حياة تتضمن تساقط الأوراق دوريا ، فاذا ما توقف التمثيل الضوئى فسيندثر معظمها · أما النباتات المتساقطة الأوراق فستنضو عنها الأوراق لينمو الجديد بدلا منها ·

اننا لا نقول ان هبوط الغبار قد تسبب فى هذه الظاهرة ، انما نقول انه ربما سببها · قد يكون رأى فريق الفارس صحيحا لا يزال ، فربما أصبح العالم مظلما أيضا · وربما تكون الظاهرتان قد عملتا سويا ·

لماذا يتسبب اختفاء الكساء النباتى فى قتل الحيوانات الكبيرة وحدها ؟ ان أول جزء فى اجابة هذا السؤال هو انه ليس لدينا سبب للفرض بأن الحيوانات الكبيرة وحدها هى التى قتلت · وكل ما نعرفه هو أن الحيوانات الكبيرة قد انقرضت · ربما تكون الحيوانات الصغيرة قد ماتت بأعداد هائلة ، ولكن بقى منها ما يكفى كى تتكاثر العشيرة ثانية عندما عادت النباتات الى الظهور مرة أخرى ·

للحيوانات الصغيرة ميزتان تتفوق بهما على الحيوانات الكبيرة فى مثل هذه الظروف غير الملائمة · فهى أقدر على أقلمة سلوكها مع المعوقات التى تفرضها البيئة ، ثم انها تحتاج الى طعام أقل من الحيوانات الكبيرة ·

ان فترة طويلة من الظلام قد تشبه ليل شتاء طويل · والكثير من الثدييات الصغيرة ليلى العادات ، فالظلام بالنسبة لها ميزة لا معوق · فئران الخشب مثلا لا ترعى حتى فى الليالى المقمرة · تقضى الثدييات الصغيرة معظم وقتها فى الشتاء داخل جحورها المهيأة بأوراق الأشجار أو الحشائش · وتعزل هذه الحيوانات نفسها من البرد وتقلل نشاطها ساعات النهار الطويلة أو أياما بطولها فلا تحتاج الا لغذاء أقل بكثير

مما تحتاجه فى الصيف • والكثير منها يخزن الطعام للشتاء ، وان لم يكن ذلك بكفاءة عالية ، وعدم وجود هذا المخزون ليس ضرورة بالأمر الخطر • فاذا كان الحيوان جائعا ، وسمحت الظروف ، خرج ليرعى •

تكون عشائر الثدييات الصغيرة كثيفة فى بداية الشتاء (فى الحالة التى نفحصها الآن لن يكون ثمة تحذير سابق – فربما لم يكن هناك خريف ، ولكن بالرغم من ذلك فقد وجدت على الأرجح عشائر كثيفة) ، وهى كثيفة لأن الخريف والشتاء يتلوان فصل التناسل ، وبذا تكون الصغار موجودة بعد أن ماتت معظم الأفراد الأكبر سنا خلال العام ، ولأن الأفراد الشاردة التى تقضى الربيع والصيف متجولة فى الريف – ستسكن أخيرا وتبقى فى مكان واحد تقضى فيه الشتاء ، وبذا تحسب ضمن العشيرة عند التشتية •

بتقدم الشتاء – خصوصا اذا كان شتاء قاسيا – تزداد نسبة النفوق • لكن النفوق انتقائى ، اذ تموت أولا الأفراد الكبيرة السن والمرضى والصغيرة الضعيفة ، بعد أن تستبد بها الأفراد الأكبر التى تستطيع أن تحصل على نصيب أكثر من نصيبها العادل من الطعام المتاح • أما المجموعة التالية التى ستعانى فهى هذه الحيوانات الكبيرة • قد تكون عدوانية ، لكن جسمها الكبير يعنى أنها تحتاج الى كميات أكبر نسبيا من الطعام ، فاذا لم تحصل عليها ماتت • وسيكسب هذه المباراة الحيوانات الصغيرة السن المتمتعة بالصحة ، المتوسطة الحجم التى لا تحتاج الا الى قدر متواضع من الطعام • وقد دلت الدراسات على تشتية الحيوانات الصغيرة على أنه بالرغم من ارتفاع نسبة النفوق من الجوع الا أن الأفراد التى تنجو نادرا ما تكون سيئة التغذية •

طبيعى أننا نفترض شتاء طويلا جدا فى الواقعة التى نتخيلها ، لكن هذا لن يسبب مشاكل عويصة • ستموت النباتات أولا ، لكن الثدييات الصغيرة تتغذى على البذور ، وعلى الحشرات ، وعلى اليرقات والعذارى ، وعلى حيوانات التربة الصغيرة اللافقارية • ولا فقاريات التربة نفسها تتغذى أساسا على بقايا النباتات ونفايات الحيوانات ، وعلى بعضها البعض ، وليس من سبب يدعو للفرض بأن هذه الأغذية لن تكون وفيرة •

للحيوانات الصغيرة فترة حياة قصيرة ، وهى تتوالد أكثر من الحيوانات الكبيرة وهذا أيضا قد يكون ميزة تحت الظروف التى نفترضها ، لأن مستعمرات الحيوانات الصغيرة ستستجيب للظلام كما لو كان ليل شتاء طويل طويل • ستبقى داخل مستعمراتها حيث سيزداد

الاحتكاك مع افراد الجنس الآخر . ربما اقلق الظلام الدورات الهرمونية المرتبطة بالتغيرات فى طول النهار ، لكن دورات الشبق لن تتوقف فى الاناث ، وان كانت قد تظهر فى غير انتظام ــ لتستمر عملية التكاثر . أما الحيوانات الكبيرة فانها ستبدأ بأعداد اقل بكثير ، لأن كل فرد يحتاج مساحة أكبر من الأرض تزوده بالطعام . فاذا حل الظلام فربما كانت الاستجابة هى التشتت بحثا عن الطعام . . تبقى حيوانات القطيع متزاملة بالرؤية ، ولمدى اقل ــ بالصوت . لكن القطعان التى نعرفها هى قطعان الثدييات : فقطعان الزواحف غريبة علينـا ، وليس لدينـا وسيلة يمكن بها أن نعرف سلوكها فى القطعان . فاذا ما تشتتت قل اللقاء بين الأفراد ، وقل بذلك التزاوج ، وهذا يؤدى الى انخفـاض عشائر الحيوانات التى تتوالد فى العام مرة واحدة ، أو اقل . فاذا لم تتشتت ، وظل تماسك القطيع كما هو ، فان استجابتها لنقص الغذاء ــ ان كان ثمة استجـابة ــ لن يكون الا بزيـادة تكرار ومدى الهجـرة او بالهجرة لأول مرة . وفى الظلام ، او شبه الظلام يصبح الاتصال بين افراد القطيع أصعب بكثير . تتفرق الأفراد ، ثم قد يزداد الصراع بين القطعان الهـائمة عندمـا تتعدى على مراعى بعضهـا . ولما كانت الحيوانات الأرضية الكبيرة تتغذى أساسا على الكساء النباتى الأخضر لا على البذور ، فلابد أن يكون الضغط عليها أكثر حدة .

فى هذا الليل الطويل الذى سينتهى به العصر الطباشيرى ، يمكننا أن نتصور الحيوانات الصغيرة مستمرة فى حياتها بطريقة تختلف قليلا ، ولكن دون مضايقة كبيرة ، بينما تقاسى الحيوانات الكبيرة كثيرا .

أما الحيوانات الصغيرة التى تعيش فى المياه العذبة فربما فعلت ذلك جزئيا بالاختباء فى طين القاع . ثمة سمك هو سمك الصحراء يستطيع أن يحيا سنينا بهذه الطريقة حتى يعود مطر الصحراء النادر فيحيل الأرض القاحلة الى مروج ، وحفار الطين الى برك حيث يمكن أن تتلاقى الأسماك وتتزاوج . والنشاط الميكروبيولوجى فى هذا الطين يختص بتحليل البقايا العضوية ــ ولا شك أنها كانت وفيرة ــ ولا يحتاج لضوء الشمس . فاذا كانت أسماك المياه العذبة الصغيرة تعتمد على مثل هذا النشاط ، فلن تواجهها أية مصاعب .

ليس من الصعب أن نجد تفسيرات لموت الحيوانات الكبيرة وبقاء الحيوانات الصغيرة ، ولكنا بهذا نكون قد أغفلنا أحدى المشاكل . فبعض الزواحف الحالية كبير لحد مزعج ــ مثل التماسيح ، وبعض الثعابين المعاصرة كالأصلة ، وبعض سحالى الورل .

وبعض السحالى العاشبة مثل الايجوانا الأمريكية والسلحفاة الجلدية والسلحفاة الخضراء ــ كل هذه زواحف ، وكلها يزن أكثر ــ وقد يكون أكثر بكثير ــ من الخمسة وعشرين كيلو جراما التى يبدو أنهـا كانت الوزن الحرج للحيـاة فى الحقب الثـالث • قدمت اقتراحات مختلفـة لتفسير هذا الشذوذ الغريب • فربما كان السبب فى حماية السلاحف ــ وهى من الأنواع البحرية ــ هو وجودها بعيدا فى البحر ، بعيدا عن موطن الخطر • أما اليوم فيقتصر وجود السلاحف على نصف الكرة الأرضية الجنوبى ، ولو كان هذا هو مكان وجودها فى العصر الطباشيرى فانه يقدم تفسيرا لبقائها ــ فبذلك تكون بعيدة عن موقع الاصطدام • ومن ناحية أخرى فمن الجائز أن تكون السلاحف الموجودة فى النصف الشمالى قد قتلت ، ثم لم تهاجر السلاحف أبدا لتعبر خط الاستواء ؟ أما التماسيح التى تحيا اليوم فى نصفى الكرة الأرضية فربما كانت عند الواقعة نصف مغطاة فى الماء ، ثم أن بيضها كان محصنا جيدا داخل أعشاش جيدة الصنع • لكن هذا غير مقنع ــ فهل الزواحف الأخرى لا تحمى بيضـها ؟ ظهـرت الثعـابين أول مـا ظهـرت خـلال العصر الطباشيرى ، ومن الجائز أن تكون الثعابين الحديثة الضخمة قد تطورت بعد انتهاء العصر الطباشيرى ، من أسلاف صغيرة ، فالثعابين هى أحدث الزواحف التى ظهرت على الأرض • ظهرت الايجوانا بعد العصر الطباشيرى ، لكن ثمة عينتين وجدتا فى العصر الجوراوى بأوربا ــ قد تكونان من أسلافها • لكن الورل يشكل معضلة أكثر تعقيدا ، لأنه ينتمى لعائلة قديمة كانت بكل تأكيد موجودة أثناء العصر الطباشيرى •

البراهين أبعد تماما عن أن تكون مقنعة • لكن يلزمنـا أن نجد طريقا لتفسير بقاء القليل من الزواحف التى يتعدى وزنها الوزن الحرج • فهل ياترى أخطأنا فى تقدير هذا الوزن الحرج ؟

اننا نعرف أن الثدييات قد نجت من الانقراض ، وأن الثدييات الموجودة عندئذ كانت تضم بعضا له تقريبا حجم القطط الأليفة الكبيرة (ربما كان وزنها ٣ كيلوجرامات) • ولأنها من الثدييات ، فهى من الحيوانات ذات الدم الحـار ــ والمصطلح العـلمى لهـا هو ثابتات الحرارة • أما الزواحف فهى من ذوات الدم البارد ــ والمصطلح العلمى لها هو متغيرات الحرارة • ولكن « ذوات الدم الحار » و « ذوات الدم البارد » مصطلحان مضللان • فالحيوان ــ أى حيوان ــ يعمل بكفاءة فقط داخل نطاق معين من درجات الحرارة ، بالرغم من أن الحرارة المثلى تختلف من نوع لآخر • فاذا انخفضـت الحرارة كثيرا أصـبح الحيوان بليد الحركة وبطؤت ضربات قلبه وانخفض معدل تنفسه • وهو فى هـذا الوضـع

يستطيع أن يحيا ، لكنه لا يستطيع أن يأكل أو أن يتناسل • فاذا ارتفعت درجة الحرارة كثيرا ، فقد يموت بسرعة لاختلال كيمياؤه الداخلية • وحرارة جسم الزواحف النشط هى نفسها حرارة جسم الثديى ـ بل وقد تكون أعلى ، وتسمح الثدييات لحرارة جسمها فى البيات الشتوى أن تنخفض لتصبح أعلى درجة أو درجتين مئويتين من حرارة الجو المحيط • وعلى هذا فمن الممكن أن تكون ثابتات الحرارة باردة ، كما يمكن لمتغيرات الحرارة أن تكون دافئة • أما الحرارة الفعاله التى ينشط فيها كلا الصنفين فهى واحدة • غير أنه من الصحيح أيضا أن معظم الحيوانات من ثابتات الحرارة تستطيع أن تحيا فى جو حرارته فوق الصفر بدرجة أو درجتين مئويتين ـ ثمة أسماك يمكنها أن تبقى نشطة فى المياه القطبية التى تنخفض حرارتها فعلا عن الصفر • ان تحمل الحرارة المنخفضة أسهل من تحمل الحرارة المرتفعة •

والفارق بين هذين النمطين من الحيوانات لا يختص بدرجة حرارة الجسم وانما بالوسيلة التى بها تنظم هذه الحرارة • فمتغيرات الحرارة تدفىء نفسها بالشمس ، وتبرد أجسامها بالالتجاء الى الظلال أو المياه ، وهى حساسة بما فيه الكفاية لدفء أجسامها أو برودتها ، بحيث تستطيع أن تعرف مقدما متى تحتاج الى التحرك من موقعها الى موقع آخر أدفأ أو أبرد • أما ثابتات الحرارة فلها أجهزة احساس داخلية وآليات فسيولوجية ـ كالعرق واللهاث والارتعاش ـ يمكن بها أن تدفىء أجسامها أو تبردها ، دون اللجوء الى معاونة من خارجها ، وهكذا يمكنها من أن تستعمر مناطق شديدة البرودة أو شديدة الحرارة تخرج عن نطاق معظم متغيرات الحرارة • (ثمة استثناءات لهذه القاعدة ـ فالبرمائيات المتغيرة الحرارة كالضفادع تزدهر عند خطوط العرض العليا ، كما توجد أفاع داخل الدائرة القطبية • وفى الصحارى الحارة تنجح اللافقاريات والزواحف المتغيرة الحرارة ، جنبا الى جنب مع الثدييات) • ان الميزة الحقيقية ـ تلك التى تمكن الأفاعى من الحياة حيث لا تستطيع الثعابين منافستها ـ هى قدرتها على ولادة الأحياء ، فهذا يرفع كثيرا فرص الحياة بالنسبة للصغار ، ويقلل من استثمارات الحيوانات فى التناسل • وسنعود الى هذا فى الفصل التاسع عندما نناقش موضوع التضمينات التطورية للواقعة •

فى نفس الوقت ، سنجد أن ثمة جزاء يصيب الحيوان اذا كان ثابت الحرارة • فحرارة الجسم فى مثل هذه الحيوانات تتولد عن هضم الطعام وعن النشاط العضلى ـ كالارتجاف ، كما أن التخلص من الحرارة قد يتطلب نشاطا ـ كاللهاث • وعلى هذا فان تنظيم حرارة

الجسم بالطريق الداخلى يتطلب بذل طاقة ، وهذا يزيد من كمية الطعام التى يحتاجها الحيوان • فالذبابة على سبيل المثال تموت جوعا اذا حرمت من الطعام فترة لا تزيد عن بضع ساعات ، فهى لابد أن تأكل باستمرار • وهى لا تحتاج كل هذا الطعام كى تصلح انسجة جسمها أو لتوفير الطاقة اللازمة للتنفس او الحركة ـ انما تحتاجه لتوليد طاقة الجسم ـ وجسمها الصغير يعنى أن كتلتها صغيرة بالنسبة لمساحة سطحها وبذا فهى تفقد الحرارة بسرعة • اما ثابتات الحرارة الكبيرة الحجم فتقاسى من المحوق المضاد ، فمساحة السطح الصغير تجعل من الصعب عليها أن تفقد حرارة الجسم لتظل باردة •

كيف امكن لبعض الزواحف ان يتأقلم لنمط حياة ليلية ؟ كيف تنجح وهى المتغيرة الحرارة فى أن تحفظ لجسمها الدفء الكافى للنشاط ؟ أن معظم الزواحف الحالية نهارية الحياة ، والأنواع الليليـة ليست متخصصة فى التغذية ليلا ، وهى لا تتغذى الا اذا كان الجو دافئا • ونحن نفترض أن زواحف العصر الطباشيرى كانت متغيرة الحرارة • ولكن ، لماذا ؟ ان السبب الأساسى فى ذلك هو أن الزواحف المعاصرة متغيرة الحرارة . ولكن هذا لا يستتبعه بالضرورة أن تكون كل الزواحف هكذا على طول تاريخها فوق الأرض • ونحن نميل أيضا الى الفرض بأن الانتخاب الطبيعى يحـابى ثابتـات الحـرارة ، ولكنا قد رأينـا ـ وسنقترح ثانية فى الفصل الثامن ـ أن ثبات الحرارة له مضاره وله منافعه •

لو أنا افترضنا أن بعض زواحف العصر الطباشيرى كانت ثابتة الحرارة ، لكان اختفاؤها اسهل فى التفهم ، اذ يلزم عندئذ أن نضرب كمية غـذاء كل منها فى عشرة • فاذا ما فعلنا ذلك فسنرى أنه سيصعب بقاء حتى صغار أصغر أنواع الدينوصورات • أما الحيوانات الضخمة جدا فستندثر سواء أكانت ثابتة الحرارة أو متغيرة الحرارة ، لأن حاجاتها من الغذاء ستزيد كثيرا عن المتاح ، حتى لو كانت متغيرة الحرارة • سيعانى الكل من الجوع القاتل • غير أن الزواحف المتغيرة ستصيب نجاحا اكبر ، وربما كان هذا هو السبب فى أن نجد كل الزواحف الحالية من ذوات الدم البارد •

هناك سبب آخر للفرض بأن كل الحيوانات الكبيرة التى تعيش على اليابسة تنظم حرارة أجسامها على الأغلب بوسائل داخليـة : فالوسائل الخارجية قد لا تكفى • ان النشاط الطبيعى للحيوان يولد حرارة ، ولكنه يفقد الحرارة من سطح الجسم • فاذا كان سطح الجسم صغيرا بالنسبة لحجم الجسم الذى ينتج الحرارة ، فان احتجاز الحرارة

قد يكون خطرا • وليس ثمة حيوان ضخم يتحلى بتحمـل متميز للحرارة، والحيوانات الضخمة التى تحيا بالمناطق الاستوائية تتمرغ فى الماء أو الوحل لتبريد أجسامها • ورغم ذلك فللثدييات أجهـزة تنظيم داخلية ، والحيوان الذى لا يمتلك مثل هذه الأجهزة سيقاسى كثيرا فى الجو الحار • ومن المعتقد أن بعض الزواحف المنقرضة الضخمة جدا كانت مائية بعض الوقت • لكن ثمة الكثير ممن لم يكن كذلك خصوصا فى نهاية العصر الطباشيرى • فالكارنوصورات الضخمة كانت تصطاد على البر ، وكانت تعتمد على رجلين : على طرفين خلفيين كبيرين قويين وطرفين اماميين ضعيفين صغيرين ، ولم يكن فى استطاعتها على الأغلب أن تتحرك على أربع ، ولا حتى مؤقتا • وليس من طريقة كانت تستطيع بها أن تتحرك الى الماء أو منه اذا كان عميقا ليغمر الأجـزاء العليا من أجسامها • وبعض الهادروصورات ـ تلك الزواحف ذات المنقار الشبيه بمنقار البط والتى عاشت فى قطعان وكانت وفيرة العدد فى نهـاية الطباشيرى ـ كانت لها وترة غشائية بين أصابع الأطراف الأمامية ، فلو كانت يوما تحيا فى الماء فالواضح انها قد تركته قبل انقراضها بوقت طويل • كانت لأطرافها الخلفية أظلاف ، وبينت محتويات المعدة بالعينات الحفرية انها كانت تتغذى على الفواكه والأغصـان وأوراق الصنوبر الابرية ، وهو غذاء يناسب أسنانها تماما ، كما انه نمطى للحياة على أرض جافة • لا شك أنها كانت تجد صعوبة فى تبريد أجسامها ، ومن المنطقى أن نفترض انها كانت ثابتة الحرارة ـ وكذا أيضا البعض غيرها من الزواحف الكبيرة الحجم •

فاذا ما كانت الزواحف الثابتة الحرارة لاتزال تبدو فظيعة، فلعلنا نتذكر أن الطيور والثدييات لحد علمنا كانت لها أسلاف من الزواحف • ولقد عاشت بكل تأكيد زواحف شبيهة بالطيور وأخرى شبيهة بالثدييات • فهل كانت هذه الزواحف ثابتة الحرارة ، أم أنها اكتسبت القدرة على التنظيم الداخلى لحرارة الجسم بعد ظهور الطيور الحقيقية والثدييات الحقيقية ؟ اذا كان الأمر كذلك فلابد أن نفترض أن الطيور والثدييات كانت يوما متغيرة الحرارة ـ وهى فكرة لا تقل فظاعة عن سابقتها ! ونحن لا نستطيع أن نقبل هذه مع تلك • فاما أن بعض الزواحف كان ثابت الحرارة واما أن بعض الطيور والثدييات كان متغير الحرارة •

من المشوق أن نذكر هنا أن القدرة على التنظيم الداخلى لحرارة الجسم قد تطورت على ما يبدو ببطء كجزء من الجهاز العصبى الأعلى ، وأنها قد تفقد وقد تلغى • ولقد سبق أن عرضنا للحيوانات ذات البيات الشتوى ، التى تسـمح لحرارة أجسـامها أن تنخفض لغيـاب الغذاء وانخفاض حرارة الجو ، وعدم قدرتها على المحافظة على حرارتهـا

العالية · وهناك من الحيوانات الثابتة الحرارة ما يمكنه أن يسلك كما لو كان حيوانات متغيرة الحـرارة تحت التخدير ، وهذا على ما يبدو يتلف آلية التنظيم الحرارى ، كما ان هذه الآلية قد تتلف ايضا اذا أصيب الحبل الشوكي ، ومثل هذه الاصابة قد تحول حتى الانسان الى ما يشبه متغيرات الحرارة الحقيقية · وصغار الطيور لا تستطيع أن تنظم حرارة أجسامها ، فهذه قدرة لا تتطور الا بتقدم العمر ·

يتضـــح لنا الآن انه من المعقـــول أن تكون المادة الدقائقية التى قذف بها اصطدام الكويكب والنشاط البركانى الذى حدث فى أعقابه ، قد تسببت فى فترة طويلة من الظلام · كما يتضح أن مثل هذه الفترة يمكن أن تفسر نمط الانقراض الذى قد حدث · غير انه من المؤكد أيضا أن الظلام اذا ما استمر سنينا فسيقود الى تبريد حاد فى جو الأرض · لقد انخفضت الحـرارة انخفاضـا ملحوظا فى السـنين التى أعقبت انفجار كراكاتوا عام ١٨٨٣ · وليس هذا هو المثال الوحيد لدينا · فلقد كان شتاء عام ١٧٨٤ قاسيا بشكل غير عادى · وقد عزا بنجـــامين فرنكلين هذا ــ وربما كان على حق ــ الى ما أسماه « الضباب الجاف » الناتج عن غبار انفجار بركانى · ونحن لا نعرف بالضبط ما كان يعنيه فرنكلين بالضباب الجاف ، ولكنـا نعرف أن وجود أى نوع من الغيم الدقائقى فى الطروبوسفير يؤدى الى تدفئة الجو ، وبذا فلابد أن يكون « الضباب » موجودا فى الستراتوسفير (انظر صفحة ١٢٩) · ربما كان اذن قد شاهد طبقة رقيقة دائمة من السحاب المرتفع ·

قد تكون قصة فرانكنشتاين ومسخه ثمرة انفجار بركانى · اذ من المحتمل جدا أن يكون مثل هذا الانفجار هو الذى تسبب فى الجو الفظيع صيف عام١٨١٦ فابقى بيرسى شيلى ومارى جودوين وكليركليرمونت ولورد بيرون فى عقر دارهم أثناء زيارتهم لجنيف ، وهيأ الظروف الرومانسية التى قادت مارى لتكتب رواية فرانكنشتاين ، وبيرون ليكتب جزءا من « تشايلد هارولد » وكلير لتحمل من بيرون وشـيلى ومارى ليخططـا لزواجهما الذى تم فى نهاية نفس العام · فالجو الردىء ليس دائما بالعقيم ! كان بيرون فى جنيف أصلا بسبب فضيحة علاقته بأخته غير الشقيقة ، التى استفزت زوجته لتهجره ومعها طفلتها الوليدة · شبت هذه الابنة ــ أوجستـا آدا ــ لتصـبح آدا لوفليس مسـاعدة الرياضى الانجليزى تشرلس باباج ، أول مبرمج عالمى للكمبيوتر ·

لدينا براهين على أن البحار قد دفئت كنتيجة مباشرة لاصطدام الكويكب ، وعلى حدوث تبريد عام تدريجى فى الجـزء الأخير من العصر الطباشيرى · ولكن لا براهين على تبريد مفاجىء على مسـتوى الكرة

الأرضية · ومن المؤكد انه لم يكن ثمة تثلج · ويكاد يكون من المؤكد أن التدهور الحاد فى المناخ يقود الى التثليج ، على الأقل عند خطوط العرض العليا · فهل يعنى هذا أن علينا ان نستبعد نظرية الاظلام ؟

اذا ماكان الظلام التام قد خيم على العالم فترة بلغت سنينا ، فان هذا لا يعنى بالضرورة أن سطح الأرض قد برد · نحن نعرف فى حالتنا هذه أن الكثير من الغبار قد دخل الغلاف الجوى ، ونحن نعرف ايضا انه لم يحدث ثمة تبريد كبير · وعلى هذا يمكننا ان نستنبط اننا نتعامل مع واقعة تختلف تماما عن واقعة انفجار كراكاتوا او اى انفجار بركانى آخر · اننا نخدع انفسنا اذا افترضنا أن الواقعة تشبه واقعة كراكاتوا ، ثم نتصور أن آثارها هى مضاعفات لآثار كراكاتوا ، ثم لا نجد شواهد من الآثار التى اعتبرناها حتمية ، فنرفض بذلك الواقعة نفسها ·

ان وجود الجسيمات الدقيقة للمواد الصلبة فى الغـــلاف الجوى يمكن أن يغير المناخ ، لكن طريقة احداث هذا الأثر معقدة ، وتتوقف على الجسيمات نفسها وعلى موقعها · ولكى نفهم هذا علينا أن نتمعن قليلا فى الغلاف الجوى نفسه · وهذا ما سنفعله فى الفصل التـالى حيث سنعالج الطرق التى يمكن بها للكويكب المصــطدم أن يغير مؤقتا من تركيب الهواء نفسه ، ربما ليعتمه ، مسهما بذلك فى الاظلام ، ومنتجا بكل تأكيد ظروفا غير ملائمة لحياة النبات أو لحياة الحيوان أو لهما سويا ·

اما عن الاظلام الطويل ، فسنكتفى الآن بالقول بأنه من الممكن أن يكون العالم مظلما ، وأن يظل رغم ذلك دافئا · ومن الممكن أن نستخدم الظلام فى تبرير الانقراض — مدى وتوزيعا — وليس هناك من سبب يدعو للفرض بأنه لم يحـــدث ·

الفصل الثامن

التلوث الرهيب للجو

بعد الثورة المذهلة لبركان جبل سان هيلين بولاية واشنطن يوم ١٨ مايو ١٩٨٠ ، تلك التى دفنت ٧ ملايين هكتار من الأرض تحت الرماد ، تقدم بعض المهتمين من الظرفاء بشكاوى الى وكالة حماية البيئة الأمريكية . بلغ سمك الرماد فى بعض المناطق ٧٥ سنتيمترا ، وغطى أوراق النبات حتى بعد ٢٠٠ كيلو متر من مكان الانفجار بحيث تعذر التمثيل الصوئى . اراد المواطنون أن يعرفوا اللوائح التى ستعدها الوكالة لتجعل من انفجار البراكين بهذه الطريقة فى المستقبل امرا غير قانونى . فلو أن الجبل كان مصنعا ، فلن نجد على أية حال شاهدا محترما يشهد بقيمة المصنع الجمالية (السابقة) أو قيمته الخدمية أو العلمية (الحالية) ليحمى صاحبه من سجن طويل ، ومن القضايا المدنية التى ستكلفه بلا شك مكاسبه خلال العشرة ملايين سنة القادمة . كان المواطنون الظرفاء بالطبع يمزحون ، لكنها مزحة ــ مثل كل نكتة جيدة ــ لها لب من التفكير العميق .

يزعجنا التلوث الذى نسببه . ونحن على حق فى ذلك . ولكن لا يجب أن ننسى أن امنا الطبيعة عندما تنوى أن تقوم بعملية التلويث فانها تفعل ذلك على مستوى هائل حقا ، والتلوث الذى تصنعه لا يقل ضرره عما نصنعه نحن .

بعد أن خمد بركان سانت هيلين غدا هواء واشنطن فى مثل نقائه (أو تلوثه) قبل الانفجار . سقط على الأرض الرماد الذى كان موجودا بالهواء السفلى ــ الذى يتنفسه الانسان . كان التنفس صعبا بعد الانفجار مباشرة ، ولكن ذلك لم يستمر الا وقتا قصيرا جدا ، نقصد أن الغبار قد هبط بسرعة . فى نفس الوقت كانت الغازات فى الرأس التى ارتفعت الى أعلى فى الهواء قد تفاعلت وتركت وراءها سحابة من قطيرات

دقيقة جدا من حامض الكبريتيك انساقت عبر العالم كله ٠ التقط فريق من العلماء الأوربيين (م ٠ اكرمان ، س ٠ ليبنز ، م ٠ ليشيفالييه) صورا فوتوغرافية مستخدمين كاميرات ـ يمكن التحكم فيها من بعد ـ تحملها بالونات الى ارتفاع ٣ كيلو مترا ٠ ولقد بينت هذه الصور انه بينما كان هواء الستراتوسفير فوق أوربا صافيا بدرجة معقولة يـوم ٧ مايو ، الا أن ثمة ضبابا أبيض من القطيرات يتراوح سـمكه ما بين ١٠٠ متر وبضعة كيلومترات ، نشر يوم ٥ يونيو ملاءة يصعب من خلالها رؤية قمم السحب من تحتها ٠ توقع هؤلاء العلماء ومثلهم كثير من الناس ان يقوم هذا الضباب بتقليل كمية الاشعاع الشمسى الذى يصل الى الأرض ، وبذا تنخفض حرارة الهواء ، مسببا صيفا فقيرا وشتاء قاسيا ٠ ولكن ثبت خطؤهم ٠ كان شتاء ١٩٨٠ ـ ١٩٨١ شتاء معتدلا ٠

هذا المثال يبين خطأ الافتراض بأن الوضوح هو سمة علم الأرصاد الجوية ٠ لا شىء بسيط فيما يحدث فى الغلاف الجوى ، الكثير منـه غير مفهوم جيدا ، وغير مفهوم اطلاقا ٠ والكويكب المصطدم بالأرض سيقذف فى الهواء ـ بجانب الضباب ـ بكميات من الجسيمات الصلبة اكبر بكثير مما يقذف به أى بركان ولكن هذا لا يستتبعه أن تكون النتيجة هى الجو البارد ٠

يجب ان نعتبر الغلاف الجوى مقسما الى طبقتين : غلاف داخلى واخر خارجى يفصلهما حد واضح (الحقيقة أن ثمة أغلفـة خارجية اكثر ، لكنهـا لا تهمنـا) ٠ الغـلاف الداخـلى أو السـفلى يسـمى الطوروبوسفير ، ويمتد من سطح الأرض حتى الحد الفاصل الذى يسمى الطروبوبوز ، والذى يختلف ارتفاعه من مكان لآخر ، ومن يوم ليوم ، وقد يصل ارتفاعه الى عشرة كيلومترات فقط فوق القطبين وقد يزيد عن عشرين كيلومترا فوق خط الاستواء ٠ والكثير من الطائرات الحربية والمدنية الحديثة تطير بانتظام داخل الستراتوسـفير ، وهو الغـلاف الخارجى ٠ وهذا الغلاف يمتد لارتفاع يبلغ نحو ٨٠ كيلومترا ، حيث يفصله حد آخر ـ يسمى الستراتوبوز ـ عن الطبقات أعلاه ٠

والطروبوسفير والستراتوسفير كلاهما مكونان من الهواء : ٧٨٪ تقريبا من النتروجين و ٢١٪ من الأكسيجين ، وباقى المائة من ثانى اكسيد الكربون ، والارجون وغازات اخرى ، بجانب كميات متغيرة من بخار الماء ، الذى يكاد ينحصر وجوده فى الطروبوسفير ٠ وفى الطبقات الوسطى من الستراتوسفير ـ ما بين ١٥ و ٣٠ كيلومترا فوق سطح الأرض ـ تتسبب الأشعة فوق البنفسجية النافذة فى تفكك جزيئات الأكسيجين العادية التى مكوناتها من الذرات ، لتتخذ بعض هذه الذرات فى مجاميع

من ثلاث ذرات ــ لا اثنين ــ فيصبح الاكسيجين أوزونا • وهذه هى طبقة الأوزون •

ثمة فارق هام مابين الطروبوسفير والستراتوسفير تسببه درجة الحرارة فيهما فحرارة الهواء فى الطروبوسفير تتناقص بالارتفاع ، ويختلف مدى معدل التناقص من مكان لآخر ، ومن وقت لآخر ، حسب الظروف الجوية ، كما أن التقلبات الحرارية المحلية قد تنتج وضعا مؤقتا يحبس فيه هواء ساخن فوق هواء بارد ، بحيث تزداد الحرارة فعلا مع الارتفاع ، لكن النمط العادى هو انخفاض الحرارة بزيادة الارتفاع • اما فى الطروبوبوز فتتراوح درجة الحرارة ما بين ــ ٥٥ و ــ ٩٠ درجة مئوية • وتبقى هذه الحرارة ثابتة فى المناطق السفلى من الستراتوسفير ، اما فى المستويات العليا منه فتبتدىء الحرارة مرة أخرى فى التزايد لتصل الى ذروتها (+ ٢°م) على ارتفاع ٥٠ كيلومترا ، ثم تتناقص مرة أخرى فى الستراتوسفير الأعلى حتى تصل ــ على بعد ٨٠ كيلومترا ــ الى نحو ــ ٨٣°م • والأرقام ليست مهمة ، لكن حقيقة انخفاض الحرارة مع الارتفاع داخل الطروبوسفير ــ وليس فى الستراتوسفير ــ هى أمر هام حقا •

تخيل الشمس ساطعة تدفىء منطقة من سطح الأرض • سيدفأ الهواء الملامس لهذا السطح الدافىء • فاذا ما أصبح دافئا تحركت جزيئاته بعنف اكبر ليتمدد الهواء ، وفى تمدده تقل كثافته ، وبانخفاض كثافته يصبح أخف من الهواء الأبرد الذى يحيط به ، وبذا يرتفع الى اعلى ، وبارتفاعه تنخفض حرارته ، سيرتفع ليصل فى نهاية المطاف الى نقطة عندها تصبح حرارته وكثافته مساوية لنظيرتيهما بالهواء المحيط ، عندئذ يتوقف عن الصعود • فاذا ماكان فى البداية ادفأ بكثير من الهواء المحيط ، فقد يستمر فى الصعود حتى يصل الى الطروبوسفير • على أنه ما أن يصل الطروبوبوز حتى يكون قد برد ليصل الى نفس حرارة الهواء من فوقه • وهو لابد أن يبرد لأن الطروبوبوز هو الحد الذى فوقه تثبت الحرارة ولا تتأثر بالارتفاع • وعلى هذا فان الهواء لا يدخل الستراتوسفير •

وحزمة الهواء الصاعد هذه هى مجرد شىء نظرى تماما • ففى العالم الواقعى لا يتسبب مثل هذا التسخين السطحى فى حزمة واحدة من الهواء الساخن ، انما فى تيار من الهواء الصاعد ــ تيار حرارى يزيد من بهجة قائدى الطائرات الشراعية ومن يتدلى منها • والحقيقة الأساسية هى أن ما يدخل الستراتوسفير من هواء الطروبوسفير قدر

ضئيل جدا • وحيثما يكون الهواء أبرد من الهواء المحيط به وأكثر كثافة فانه سيهبط ، وبنفس الشكل بالضبط سنجد أن الطروبوسفير يمنع هواء الستراتوسفير من الهبوط ، لأن درجة الحرارة تبقى ثابتة مباشرة بعد الحد الفاصل ، مهما كان الارتفاع • يتم تبادل الهواء عبر الطروبوبوز ، لكن هذا لا يحدث فى معظمه الا فوق خط الاستواء ، حيث يدخل الهواء الستراتوسفير ، وفوق القطبين حيث يترك الهـواء الستراتوسفير • ومعدل التبادل بطىء ، والطبقتان متميزتان تماما •

واولى نتائج هذا هو انه لا يمر الى الستراتوسفير الا قدر ضئيل فقط من اية مادة تدخل الطروبوسفير ، لكن أيا من هـذه المـواد التى تحمل عبر الطروبوبوز تميل الى البقاء فى منطقة دخولها • ومرور اية مادة دقائقية من الطروبوسفير الى الستراتوسفير عملية صـعبة كمثل مرور جزيئـات الغـاز ، لكنها ان نجحت فى الدخـول فسـتبقى فى الستراتوسفير فترة جد طويلة •

وثانية النتائج هى ان الستراتوسفير يميل لأن يكون ثابتا جدا ، وان يكون الهواء بداخله جافا جدا • وهو جاف لأن بخار الماء لا يمكنه أن يدخل الغلاف الجوى الا عن طريق التبخر من سطح الأرض ، وبازدياد الارتفاع فى الغلاف الجوى يتكثف الماء – بل ونكاد نقول يعصر الماء – ثم يسقط • وحرارة الطروبوبوز منخفضة لدرجة لا تسمح الا لبضعة أجزاء من المليون من بخار الماء بالبقاء فى الهواء ، وبذا فكمية الماء الموجودة فى الحد الفاصل والتى يمكنها العبور الى الغـلاف الجوى الأعلى كمية ضئيلة جدا • والستراتوسفير ثابت لأنه محمد ضد الحوادث العنيفة التى تجعل الطروبوسفير منطقة مضطربة •

هذا الاضطراب يسببه تبادل الحرارة بين سطح الأرض وسطح الماء وبين الهواء الموجود فوقهما مباشرة ، اذ أن هذا التبادل يتسبب فى تكوين كتل كبيرة من الهواء لها درجات حرارة مختلفة تتحرك فى مواجهة بعضها البعض ولا تختلط الا ببطء • وتحدث العواصف عندما تركب كتلة هواء ساخنة أخرى من هواء بارد • ومثل هذه الكتل لا تمتزج الا ببطء ، لأنه بالرغم من تدفق الهواء من المناطق ذات الضغط المرتفع الى المناطق ذات الضغط المنخفض ، فان دوران الأرض يحرف الهواء المتحرك ناحية الشمال أو ناحية الجنوب • فالهواء على اية حال يتحرك مع الأرض فى دورانها ، لكن السرعة الفعلية للدوران تختلف باختلاف خط العرض – نعنى أن نقطة على خط الاستواء لابد أن تتحرك مسـافة اكبر من أخرى قرب أحد القطبين ، كى تكمل الدورة اليومية ، وبذا فلابد

ان تتحرك أسرع • والهواء الذى يتحرك الى الشمال او الى الجنوب يشرع فى حـــركته بسرعة دوران خـــط العـــرض الـذى يبتـــدىء منه • فهو يتحرك شمالا فى نصف الكرة الشمالى ، والحـركة تجـاه الشرق ــ التى « يكتسبها » ستكون اذن أسرع من الحركة الى الشرق فوق المنطقة التى يدخلها ، وبذا فانه يتحـــرك الى الشرق •• أما اذا تحرك نحو الجنوب ، فان الانحراف سيكون فى الاتجــاه العـكسى • وتكون النتيجة هى أن يتحرك الهواء حول منـاطق من ضـغط عـالى أو منخفض فى شكل حلزونى ضحل ، بدلا من التحرك مبـاشرة نحـو المركز أو منه •

فى خضم هذا كله يقوم السطح غير المستوى للأرض باعاقة الهواء المتحرك ، كما تتحول الرياح بسببه الى دوامات دائرية حول العوائق ، ثم انه يتسبب فى رفع الهواء وتبريده ــ وربما فقد ايضـا بعضـا من رطوبته ــ اثناء عبوره المناطق المرتفعة ، ليهبط ويصبح دافئا بمروره فوق الأراضى المنخفضة • اما داخل كتل الهواء نفســها فســنجد أن التسخين والتبريد السطحى التفاضلى يتسبب فى ظواهر حمل حرارى محلية • ان هذا الاضطراب ، هذا التقلب الملازم ، هو ما يصنع مناخ الأرض • ولما كان للماء أهميته ، وهو دائما ما يغير فى حالته (فهو صلب أو سائل أو غاز) فانه لا يغير فقط من المناخ ، انما يجعل من الصعب ايضا ان يقولب المناخ بدقة ، ليصبح تنبؤنا به أمرا يكتنفـه الشك • ليس اذن من المستغرب أن يخصص البعض من أكبر الحاسبات العلمية فى العالم لتنميط نماذج للمناخ •

غير أن المناخ يقتصر كليا على الطروبوسفير • ويؤثر الستراتوسفير بقوة على ما يحدث فى الطروبوسفير ، وان كان أثره غير مفهوم جيدا ، لكنه لا يعرف المناخ المألوف لنا •

دعنا نعود الآن لكل هذا الغبار الذى نفترض دخوله فى الغـــلاف الجوى عقب اصطدام الكويكب • ان معظم هذا الغبار كما ذكرنا سيقذف به بعنف الى الغلاف الجوى العلوى ، بل أن بعضه قد يطرد خارج هذا الغلاف تماما • لكن بعضه الآخر سيبقى فى الطروبوسفير • وتســمى الجسيمات الدقيقـة التى تسبح فى الغـلاف الجـوى علميـا باسـم « ايروسولات » •وسنستعمل هذه الكلمة فيمـا يلى فى وصـف هذه الجسيمات •

ان الاضطراب فى الطروبوسفير يضمن الا تبقى الايروسولات به طويلا ، فهى تغسل آجلا او عاجلا بواسطة الأمطـار ، أو هى تحمـل

بحركة الهواء لتلامس اسطح تلتصق بها ٠ وهى ان لم تكن كبيرة جدا فستسقط ببطء بسبب وزنها : فلزوجة الهواء تعارض قوة الجاذبية المؤثرة عليها ٠ وهى تجدد من فوق عندما يفقدها الطروبوسفير ، وبرغم المعدل البطيء للتبادل عبر الطروبوبوز ، فثمة تبادل يحدث ، وستظل الايروسولات تدخل الطروبوسفير حتى يستهلك كل الرصيد بالمستويات العليـــا ٠

يمكن للايروسولات ان تؤثر فى حرارة الستراتوسفير ، ولكن هـذا لايعطى بالضرورة اثرا مماثلا بالغلاف الجوى السفلى ٠ ان الأمر يتوقف على الايروسولات نفسها ، فاذا كانت صغيرة جدا ـ قطرها يبلغ نحو واحد من عشرة الاف من المليمتر ـ فالأغلب أن تتسبب فى تبريد الجو السفلى ، اما اذا كانت اكبر من ذلك ، فقد لا تؤثر على الاطلاق ، او قد تسبب بعض التدفئة ٠

ان حجم الايروسولات يحدد ما تؤثر فيه من موجات الاشعاع ، كما ان لونها يحدد ما اذا كانت ستمتص الاشعاع أم ستعكسه ٠ فالغلاف الجوى يتلقى الاشعاع من الشمس ، ومعظمه قصير الموجة ، كما يتلقى اشعاعا طويل الموجة من سطح الأرض نفسها اذا ما سخن ، فالسطح الساخن يصدر اشعاعات طويلة الموجة ٠ والايروسولات الدقيقة جدا يمكنها أن تعترض الاشعاع القصير الموجة ، وهذا الاشعاع اذا ما انعكس تشتت ، ولكن لما كان الاشعاع يأتى من أعلى ، فان الانعكاس فى معظمه سيعود به الى الفضاء ٠ فاذا نظرنا من الفضـــاء ، فسنجد أن وجود الكثير من هذه الايروسولات يتسبب فى أن تبدو الأرض اكثر لمعانا : فهى تزيد من البيدو الأرض (قدرتها على الانعكاس) ٠

اذا ما امتصت الايروسولات الاشعاع سخنت وبعثت باشعاع طويل الموجة ، ولما كانت الايروسولات نفسها الآن هى المصدر ، فسيتم الانبعاث فى كل الاتجاهات ومنها الاتجاه الى اسفل ٠ وكمية الاشعاع الداخل فى الغلاف الجوى ككل تكاد تعادل بالضبط كمية الاشعاع الخارج منه ٠٠ فاذا لم يكن الأمر كذلك ، فان الأرض تغدو أدفأ أو أبرد ٠

والايروسولات الستراتوسفيرية قد تعكس الاشعاع ، وقد تمتصه وتعيد تشعيعه ٠ وفى كلتا الحالتين فانها تعجل من تصدير الحرارة من هذه المنطقة من الغلاف الجوى ، وتكون النتيجة بالضرورة هى تبريد الستراتوسفير ٠ على انها اذا قامت باعادة التشعيع فان نسبة من هذه الطاقة المصـــدرة ستدخـــل الطروبوســـفير ، ليعتـــرض البعـــض منهـــا الايروسولات الطروبوسفيرية ، اما البعض الباقى فسيمر الى الســطح

ليسخنه ، أو يسخن الايروسولات المعترضة مما يتسبب فى اعـــادة التشعيع · مرة أخرى سيفقد الى الفضاء بعض من هذا الاشعاع المعاد وسيوجـه البعـض الآخـر الى اســفل ، ليســخن الأرض مرة أخرى ، وليعترض البعض منه ايروسولات أخرى تسخن وبهذه الطريقة يمكن ان تقع الطاقة فى شرك الطروبوسفير ·

وفى الطروبوسفير تتسبب الايروسولات الفاتحــة اللون ــ ذات الألبيدو المرتفع ــ فى التبريد ، بينما تتسبب الغامقة اللون ــ ولها قيمة البيدو منخفضة ــ فى التدفئة · وفى عالمنا المعاصر ســنجد أن معظم الايروسولات الشائعة فى الستراتوسفير هى من حامض الكبريتيك ، وله قيمة البيدو عالية ، وهو يتكون فى الستراتوسفير نفســه باكســدة مركبات الكبريت الغازية التى تدخل عبر الطروبوبوز · والايروسولات الاكثر شيوعا فى الطروبوسفير هى حامض الكبريتيك وايضــا ســلفات النشادر والتراب ــ وهذا من رماد الصــخور ، ولهذين الأخرين قيمــة البيدو مرتفعة ، وهما يبردان السطح · اما السناج (الهباب) فله قيمة البيدو منخفضة ويسبب التدفئة ·

فى مقالة نشرت بمجلة العلوم الأمريكية عام ١٩٨٠ قام المؤلفان اوين ب · تون ، جيمس ب · بولاك بتلخيص الوضع الحالى لمعرفتنا بأثر الجسيمات الدقيقة بالغلاف الجوى : « يمكن لايروسولات الغلاف الجوى ان تؤثر فى المناخ ، لقد فعلت ذلك مؤكدا فى الماضى ، والأغلب انها تقوم بذلك الآن ايضــا · امــا نوع الأثر فيتــوقف على حجــم الايروسولات وتركيبها ، وموقعها ــ ان كانت فى الطروبوسفير أو الستراتوسفير ··· فاضافة المواد الشبه شفافة الى الغلاف الجوى السفلى ــ مواد كالكبريتات ومعظم جسيمات التربة ــ يسبب تبريد سطح الأرض ، اما اضافة المواد المعتمة الى الغلاف الجوى ــ مواد كالسناج ــ فيسبب دفء هذا الغلاف · ولما كانت انشطة الانسان تضيف السناج والكبريتات والتراب الى مناطق مختلفة من الغلاف الجوى السفلى ، فمن الجائز أن تدفأ بعض الجهات بينما تبرد غيرها » ·

فاذا ما تفحصنا الايروسولات التى تدخل الطربوسفير نتيجة لثورة بركانية أو لاصطدام كالذى قمنا بوصفه ، فان أكثر الآثار احتمالا سيكون تدفئة السطح · اما ايروسولات الستراتوسفير فقد تنتج تبريدا أو تدفئة لسطح الأرض ·

قد يتسبب هذا فى بعض التشويش ، اذ يبـدو منافيــا للعقـــل · فانت اذا خرجت للتنزه فى يوم غائم الشمس ، فستشعر بأن الجو أبرد

من يوم صحو صافى السماء • وحواسك لم تخدعك هنا : فانت لا شك تشعر بأن الجو ابرد • فالغيم يقلل كمية الاشعاع الشمسى المباشر الذى نتلقاه ـ اذ يمتصه هو بعيدا من فوق رأسك ـ والاشعاع الشمسى المباشر هو ما يدفئك • والغيم يشكل ملاءة تمتص ايضا الحرارة التى يعاد تشعيعها من سطح الأرض • ستشعر بالبرد ، لكن الجو سيكون بالفعل ادفأ ـ بل وكذا البيئة كلها ، لأن الحرارة المشعة تمتص وتوزع خلال كتلة تضم الغلاف الجوى على طول المسافة حتى قمة الغيم •

تعطى جزيئات ثانى اكسيد الكربون وبخار الماء اثرا مدفئا ايضا عن طريق يختلف بعض الشيء ، وكأن الموضوع ليس به ما يكفى من التعقيد ! فهى شفافة تمرر الاشعاع القصير الموجه ، لكنها معتمة بالنسبة للاشعاع الطويل الموجه ، وعلى هذا فهى تسمح بمرور الاشعاع القادم ، اما الاشعاع الطويل الموجه الخارج فتحبسه وتعيد تشعيعه ، وهذا ما يسمى « ظاهرة الصوبة » ، وان كانت « الظاهرة » فى الصوبة تحدث اساسا بسبب الزجاج ، فهذا شفاف ايضا للموجات القصيرة ومعتم للموجات الطويلة ، لكن اهم آثاره هو انه يمنع انتشار الهواء ، وبذا يحبس الهواء الذى يسخن ، فلا يحل محله هواء بارد من الخارج •

من سنين قليلة مضت كان البعض يعتقدون أن ما يقوم به الانسان من احراق للوقود الهيدروكربونى (الفحم ، والبترول ، والغاز الطبيعى) سيجعل الأرض ادفأ ، وأن ضخ الايروسولات فى الهواء عن طريق المصانع والتوسع العالمى فى الزراعة سيجعل الأرض ابرد ، وبذا سيعادل كل منهما الآخر • ونحن نعرف الآن أن هذا خطأ • ان مناخ النصف الشمالى للأرض يبرد لأسباب لا علاقة لها بالنشاط البشرى ، كما أن أثر ما يسببه الانسان من انتاج لثانى اكسيد الكربون ، وانتاج للايروسولات انما هو اثر تجمعى ـ فلا يعادل احدهما الآخر : فكلاهما يرفع حرارة الأرض •

اردنا أن نؤكد تعقيد الوقائع فى الغلاف الجوى ، لا سيما تلك التى تتضمن الايروسولات ، كى نبين أن فكرة الفارس عن الظلام لا تتعارض بالضرورة مع ما نعرفه من عدم حدوث تبريد على مستوى الكرة الأرضية • ليس ثمة وسيلة يمكننا بها معرفة تركيب سحابة الغبار التى نجمت عن اصطدام الكويكب • ولما كان قدر كبير من المادة التى تكون هذه السحابة قد دخل الغلاف الجوى فى صورة سحابة بلازمية أو من سحابة بلازمية ، فمن الواضح اننا لا نستطيع أن نعتبر هذه السحابة شكلا مضخما مما ينتج عن بركان جبل سانت هيلين • لقد كانت مختلفة تماما •

انما الشىء المؤكد هو أن افراد ذلك القدر الهائل من الطاقة فى الغلاف الجوى ، وضخ هذا القدر الرهيب من مادة الصخر والبحر فيه ، قد تسبب فى « واقعة تلوث » لم يسبق ابدا ان رأينا مثلها ، ونأمل الا نراها أبدا ·

لعلك تذكر أن الغلاف الجوى مكون من نحو ٧٨٪ نتروجين و ٢١٪ اكسيجين · ولقد كان للغلاف الجوى نفس هذا التركيب منذ ٦٥ مليون عاما · عندما يسخن الهواء تسخينا شديدا يتاكسد النتروجين ليكون سلسلة من اكسيدات النتروجين · وهذا يحدث مثلا مع طاقة البرق ، وهو يحدث فى النيران الحارة ، كما يحدث فى الات الاحتراق الداخلى ذات الضغط العالى · وتهتم حكومات العالم بتقليل مثل هذا العادم الناتج عن المركبات التى تسير بالبنزين وعن افران الصناعة ·

اننا نفترض تحرر قدر كبير من الطاقة ، ويبدو من المؤكد أن هذا سينتج قدرا كبيرا من أكسيدات النتروجين · فالأجسام التى تتحرك بسرعة خلال الهواء تسبب اكسدة النتروجين· ولقد حسب شوك بارك (فى وثيقة للناسا * ظهرت عام ١٩٧٢) أن مكوك الفضاء قد يولد عشرة اطنان من اكسيد النيتريك فى كل مرة يدخل فيها الغلاف الجوى · كما أن هذا العالم قد وجد مع جين ب · مينيز (١٩٧٦) ان نسبة كبيرة من اكسيد النيتريك ــ الذى نعرف بوجوده فى الغلاف الجوى ــ قد نشأت عن الأجسام النيزكية ، ومعظمها على ارتفاع يبلغ نحو ٩٥ كيلومترا · ولاكسيد النتروجين آثار عديدة · فهو يتأكسد ويتهدرت فتحصل النترات وحامض النيتريك ، وهو يتفاعل فى وجود الأوزون لينتج ثانى اكسيد النتروجين ، وهذا يمتص الاشعاعات القصيرة الموجه ، ليتحلل بذلك الى اكسيد نيتريك واكسيجين ذرى · ووجود كميات كبيرة من ثانى اكسيد النتروجين له اثر مبرد فى الطروبوسفير · اضف الى ذلك أن ثانى اكسيد النتروجين هو مكون اساسى فى التفاعلات التى تنتج الدخان الضبابى الكيموضوئى ·

ويمكن ايضا لحامض النيتريك ان يشكل نوايا تكثيف لبخار الماء ، وهذه نغسل من الهواء بسرعة كبيرة ، فاذا ما وصل حمض النيتريك التربة فى مقادير صغيرة فمن الممكن أن يستفيد منه النبات فى غذائه ، لكنه ان وصل فى مقادير كبيرة قلت منفعته ، اذ قد يزيد من حموضة التربة وسطح الماء · ونحن نعرف اليوم أن اطلاق ثانى اكسيد الكبريت

(*) وكالة الفضاء الأمريكية ·

ـ عن احتراق الوقود ذى المحتوى العالى من الكبريت ـ يسبب مشاكل ايكولوجية وصعابا خطيرة للمزارعين ورجال الغابات فى مناطق تساقط الغبار • وتساقط حامض الكبريتيك ستكون له نتائج مشابهة •

لقد شاع أن السبب فى المشاكل الايكولوجية الناجمة عن غبار ثانى أكسيد الكبريت هو « المطر الحمضى » ، وهذا الاسم بيانى ويوحى بأن ملوثات الجو تغسل من الهواء لتزيد من حموضة ماء المطر ، وبالتالى من حموضة التربة • ولقد ابتدأ سوء الفهم من حقيقة أن ماء المطـر العادى حامضى قليلا ، بحيث يصعب أن تقاس الحموضة التى تسهم بها الملوثات • الواضح أن حموضة التربة كانت تزداد ، غير أن ماء المطر الذى كان يفحص لم يكن حامضا أكثر من العادى • الى أن اكتشف فى آخر الأمر أن ملوثات الجو لا تصل سطح الأرض اساسا فى ماء المطر ، وانما هى ترسب مباشرة من الهواء فوق التربة والنبات • وفى التربة يتفاعل الحامض مع مركبات الألومنيوم ، لتنتج مركبات ألومنيوم أخرى تسمم الأسماك اذا ما غسلت الى مياه الأنهار •

أما أثر زيــادة حموضـــة التـربة فهـــو الاضرار بالكثيـر من مجاميع النبـــاتات التى لا تســتطيع تحمـــل الظروف الحامضـــية • فاذا ما تزايدت حموضـــة التربة الى حـــد معين فلن يتمــكن من الحياة عليهـــا غير فلورا الخلنـــج وشـــبيهاته • درس اثـر الاختـــلافات التى تسببها حموضة التربة والماء فى الفلورا • والحموضـــة تقــاس بالأس السالب لتركيز أيون الايدروجين ، وقيمة مقياس اس الأيدروجين هذا (٠١٠١) بالنسبة للماء المتعادل هو ٠ر٧ ونقص القيمة عن ٧ يعنى زيادة الحموضة وزيارته عن ٧ يعنى زيادة القلوية • فى مستنقع بالمنطقة المعتدلة قيمة ٠١٠١ فيه = ١ر٤ سنجد أن متوسط عدد الأنواع النباتية بالمتر المربع هو خمسة ، فاذا كانت القيمة = ٠ر٦ فقد يصل المتوسط الى عشرة أنواع ، وقد نجد عشرين نوعا بالمتر المربع بالتربة القلوية قليلا بالمناطق المفتوحة الجافة ، فاذا كانت قيمة ١ ٠ ١ ٠ اقل من ٠ر٤ فلن نجد غير نوعين أو ثلاثة • وفى الحقول والغابات والأراضى الجرداء ستطالعنا مرة أخرى نفس الصورة : اذا نقصت قيمة ١ ٠ ١ ٠ عن ٠ر٤ انخفض عدد أنواع النباتات انخفاضا حادا • ومن بين نباتات المحاصيل الحقلية الحالية سنجد أن الشعير وبنجر السكر هما الأكثر حســاسية لزيادة حموضة التربة •

ان الأثر المتوقع لزيادة الحموضة الناتجة عن الغبار المتساقط فى نهاية العصر الطباشيرى سيكون هو تغيير الفلورا ، وربما وقع ذلك على مساحات شاسعة وفى مناطق كانت تربتها قبلا متعادلة او قلوية وعليها

الفلورا المناسبة ، ويجوز جدا أن تتحول مثل هذه المناطق الى صحارى ـ فيغيب فيها تماما الغطاء الأخضر ، ليستمر ذلك حتى تستعيد التربة حالتها الأصلية ، أو حتى تستعمرها الأنواع المحبة للحموضة • والتغير الكبير المستمر فى تركيب الفلورا بمنطقة واسعة سيكون له بالطبع أثر خطير على الحيوانات التى تعتمد على هذه الفلورا فى حياتها •

لكن التبدل الكبير المستمر فى حموضة التربة لن يكون له أثر أقل وضوحا على ايكولوجيا العشيرة الحيوانية (الفونا) بالتربة وعلى ما بها من كائنات دقيقة ، لأن هذا التبدل سيؤثر اساسا من خلال تغيرات فى التفاعلات الكيماوية المحضة • فالكثير من الكائنات الدقيقة يمكنه أن يتحمل مدى واسعا من قيم ١٠١• سينقرض البعض تماما وستتكاثر الأنواع التى يمكنها التحمل الى الحد الذى يسمح به الغذاء المتاح • سينخفض عدد الأنواع الى أن تغزو التربة أنواع أخرى مهاجرة مكيفة للعيش تحت هذه الظروف الجديدة • سيتزايد فقر التربة ايكولوجيا ، وهذا سيؤثر هو الآخر فى النباتات الكبيرة التى ترتبط بكائنات التربة ارتباطا حميما • ثمة مظهر يمكن به تشخيص التربة الحمضية هو وجود طبقة فوق سطح المراعى من الحشائش الميتة نصف المتحللة المتلبدة الشديدة الرطوبة • وترجع هذه الطبقة الى قصور البكتريا التى تحلل الحشائش الميتة طبيعيا ، فبالرغم من أن الحشائش نفسها تتحمل مدى واسعا من الحموضة ، الا انها لا تترعرع الا اذا أزيلت النموات القديمة لتسمح للأوراق الجديدة بالظهور والقيام بالتمثيل الضوئى •

وأنواع البكتريا المثبتة للنتروجين تتحمل جيدا انخفاض قيمة ١٠١• ، لكنها تتأثر بشدة بمركبات النتروجين التى تصل التربة من المصادر الخارجية • وفى الحالة التى نناقشها الآن ، سيدخل التربة قدر كبير من النترات ، كما أن الأحماض نفسها ستضيف الى النتروجين ، ولهذا السبب فاننا نتوقع أن تتدهور عشيرة الكائنات الدقيقة المثبتة للنتروجين •

ان اسهام الانسان فى حموضة الغلاف الجوى حتى الآن اسهام متواضع ، لكن آثاره فى الحق خطيرة • ففى الدول الاسكندنافية ـ وأرضها أصلا تميل الى الحامضية ـ تسبب التلوث ببريطانيا وألمانيا الشرقية والغربية وبولنده ، فى زيادة انخفاض قيمة ١٠١ ، فانخفضت بذلك انتاجية التربة للحد الذى دعا حكومتى السويد والنرويج الى المطالبة بالبحث عن طرق فعالة لضبط هذا التلوث الآتى عبر الحدود • ولقد تأثرت الفلورا الطبيعية كثيرا فى بعض مناطق كندا والولايات الشمالية الشرقية بأمريكا من الأحماض التى تتكون أصلا بولايات وسط غرب أمريكا • ولقد كان هذا أيضا موضوع احتجاجات حكومية على

المستوى القومى والمحلى . اننا نفترض تلوثا على مستوى اكبر بكثير مما خبرناه فى عصرنا الحالى ، وليس أمامنا اذن الا أن نخمن نتائجه . فهل تحولت مناطق باكملها الى صحراء ؟ ان هذا محتمل .

لقد وجدت اكسيد النتروجين فى الستراتوسفير بعد اصطدام الكويكب ، ليس فقط لأنها نقلت عبر الطروبوبوز ، بل لأنها تكونت فى المناطق المرتفعة كما تكونت فى المناطق المنخفضة . منذ بضع سنين تخوف البعض من أن وجود أكسيدات النتروجين فى الستراتوسفير ـ وكان مصدرها المحتمل عندئذ هو الأساطيل المقترحة من الطائرات التجارية التى تتحرك أسرع من الصوت ـ قد يتسبب فى تآكل طبقة الأوزون . لقد اقترح أن هذه الأكسيدات ستدخل فى تفاعلات تتطلب اكسيجينا ذريا ، لتكون مركبات ثابتة ، « فيحبس » الأكسيجين الذرى بذلك ويمنع من تكوين طبقة الأوزون . ثم اتضح فى النهاية أن مثل هذا الأثر ـ لو حدث ـ فسيكون صغيرا جدا ولا اهمية له ، طالما بقى عدد الطائرات فى الستراتوسفير قليلا . ولقد ظهر مؤخرا أن المقادير الصغيرة من اكسيد النتروجين تؤثر بالفعل فى كيمياء الستراتوسفير ، ولكنها لا تستنزف الأوزون بل تنشط تكوينه . على أية حال ، لقد ظل حجم الأسطول العالمى من الطائرات الأسرع من الصوت صغيرا .

ماذا حدث فى واقعة الكويكب التى نحن بصددها الآن ؟ ليس ثمة من طريق امامنا كى نعرف . ان معرفتنا بكيمياء الستراتوسفير تتحسن ، لكنها ما تزال بعيدة جدا عن حد الكمال ، فما زلنا نجهل الكثير من العوامل . من المحتمل ان تكون طبقة الأوزون قد استنزفت ، أو انها قد استنزفت فى مناطق منها ، أو انها قد استنزفت فى مناطق وعززت فى مناطق أخرى ـ تبعا لكميات اكسيدات النتروجين التى تكونت . لكن الأمر فى الحقيقة لا يهم كثيرا ، بل وسنرى حالا انه يكاد يكون من المؤكد أن الاصطدام الهائل يمكنه أن يعطى أثرا كيماويا آخر اخطر بكثير يتسبب فى استنزاف ضخم للأوزون . لكن هذا الاستنزاف ـ بفرض حدوثه ـ لن تكون له اهمية كبيرة . ان اختفاء طبقة الأوزون بالكامل لن يكون بالخطورة التى يفترضها بعض علماء البيئة . واقل ما يمكن أن نقوله هو : لو أن كويكبا قطره عشرة كيلو مترات اصطدم بكل قوته بالأرض ، فان فقد طبقة الأوزون لن يكون الا واحدة من اتفه النتائج !

يزيد من تعقيد هذه الصورة حقيقة أن افراد كمية كبيرة من الطاقة فى الغلاف الجوى سيكسر الروابط التى تربط الذرات داخل الجزيئات سينتج عن هذا قدر كبير من الأكسيجين الذرى ، يتحول بعضه الى أوزون ، وبذا فان الواقعة نفسها ستضيف الى الأوزون بالغلاف الجوى ،

وسيصبح هذا الأوزون فى الطروبوسفير نوعا من التلوث : فالأوزون فى تركيزاته المنخفضة يثير الحيوانات التى تتنفس الهواء وهو سام جدا الا اذا كان تركيزه ضعيفا ٠

أما فى الماء المالح ـ وسترسب مركبات النتروجين فوق البحار كما تترسب فوق اليابسة ـ فان الانخفاض الحاد فى قيمة ٩٠١ ٠ سيبدل الكثير من التفاعلات الكيماوية ٠ سيحدث فى حالتنا هذه تغير فجائى اعتباطى فى قيمة ٩٠١ ٠ تصحبه طاقة نعرف انها قد رفعت حرارة الماء فى العالم كله ٠ كل هذا سينتج آثارا معقدة يحتمل ان تكون مؤذية ، وان كان الأغلب أنها ستحدث فى مناطق محلية ، ذلك ان للبحر عمله الكبير فى الموازنة ٠ ولكى يكون التغير فى الكيمياء اكثر عمومية يلزم أن ترسب المواد فى البحر بكميات ضخمة ٠ من بين التفاعلات التى ستحور محليا تلك التفاعلات التى تدخلها أيونات الكربونات والبيكربونات ، الشىء الذى سيؤثر فى الكائنات البحرية عموما ، ونخص منها بالذات الحيوانات ذات الأصداف الكلسية ٠ ولقد قتل من هذه الكائنات بالطبع أعداد هائلة فى نهاية العصر الطباشيرى ٠

علينا أن نتذكر أيضا أن زيادة ثورات البراكين فى العالم ككل ـ لا سيما فى منطقة شمال الأطلنطى اذا ما اعتبرنا ان بزوغ أيسلنده كان نتيجة للواقعة ـ هذه الزيادة قد حقنت فى الغلاف الجوى عناصر أخرى تكون الأحماض ـ من بينها بالذات عناصر كبريتية ٠

لكى نتفهم ما نخمنه عن الكيمياء مباشرة بعد اصطدام الكويكب ، فاننا نحتاج أن نعيد التأمل فى طبيعة الاصطدام نفسه ٠ دعنا نفترض أن الجسم قد دخل رأسيا ، وأنه وصل سطح البحر بعد ١٠ ثوانى من ملاقاته الحافة الخارجية للغلاف الجوى على ارتفاع ١٦٠ كيلومترا ٠ عندما وصل الجسم سطح البحر لابد وأنه كان يدفع أمامه بضعة أمتار من الهواء المتوهج المضغوط للغاية ٠ هذه الطبقة ستحوى تقريبا كل الهواء فى عمود عرضه عشرة كيلو مترات هو مسار الكويكب ٠ وفى دخوله الى البحر ستنشق منطقة مشابهة من البلازما المكثفة المتوهجة ، وذلك خلال الثانية أو ما أشبه التى سيستغرقها حتى يصل قاع البحر ٠ وفى خلال هذا ستسخن مقدمة الكويكب وستضغط بنفس الشكل بينما تنتقل موجة الصدمة الى أعلى ٠ وتكون المرحلة الأخيرة هى ملاقاة الجسم لصخور قاع البحر ، عندئذ سيكون الجسم ما يزال يحتفظ بنحو نصف طاقته الأصلية ، وستكون سرعته قريبة من ٤٠ ضعفا لسرعة الصوت ٠

ستضاف الصخور الى شطيرة البلازما المكونة من الهواء والبحر ٠ وأخيرا فان قوة الصدمة ، على عمق كبير نسبيا ـ ١٩ كيلومترا على

الأقل – ستكون وقد تعادلت مع الضغط الرهيب للبلازما ، التى ستكون قد سخنت الى حرارة أعلى من حرارة الشمس • هنا لن يكون ثمة بقايا صلبة من الكويكب نفسه ، لكن سحابة البلازما الكثيفة التى حلت محله ستتمدد منفجرة الى أعلى ، تدفعها الضغوط الهائلة الناتجة عن شطيرة الهواء – البحر – الصخر الموجودة تحتها • وسيبدو وكأن الجسم قد ارتد •

لن يستغرق الوقت من الارتطام حتى الارتداد أكثر من بضع ثوان • فى خلال هذه البرهة سيكون ماء البحر وقاع البحر قد بدأ بالكاد رحلتهما الطويلة – البطيئة نسبيا – نحو الحواف القصية للحفرة التى قدر لها أن تتشكل – فبين الجانبين ثمة ما يقرب من ٢٠٠ كيلو متر • أما ما يتحرك من البحر والصخر لتتشكل الحفرة فسيبلغ ٦٠ ضعفا حجم الكويكب نفسه • فاذا كان التحرك بسرعة الصوت ، فان هذا يعنى أن نحو ٣٠٪ من طاقة الاصطدام سيبذل فى تشكيل الحفرة ، ليتحول الباقى الى حرارة البلازما وحركتها ، الا من قدر ضئيل يضيع فى مواجهة الانجراف أثناء المرور خلال الماء والصخر • أما الطاقة التى تفقد أثناء مرور الكويكب خلال الهواء وفى الظواهر المغنيطوهيدروديناميكية فيبدو أنها قد لا تصل لأكثر من بعض فى المائة •

العادة الا تسبب الأجسام ، التى تدخل غلاف الأرض الجوى من الفضاء لتصطدم بالسطح – أى ارتداد للمادة الى الفضاء • لو أن هذا قد حدث فى تاريخ الأرض ، فلابد أن يكون قد حدث أيضا فى القمر حيث سرعة الافلات أقل وكمية الطاقة اللازمة لطرد المادة الى الفضاء أقل • ولو أن الاصطدام بالقمر قد تسبب فى طرد بعض مادته القمرية الى الفضاء ، فلابد وأن قد وصل الأرض بعض منها • لكنا نعرف أنه ما من نيزك من أصل قمرى قد عثر عليه فوق الأرض • غير أن الأرض فريدة فى غطائها المائى ، ومن الجائز أن ارتداد كويكب ، من خمسة أميال من المحيط ، مضغوطا الى بلازما ، قد يقذف على الأقل ببعض من بقايا الجسم فى مدار حول الأرض •

دعنا نترك للحظة معالجة تلوث الغلاف الجوى لنتأمل مصير الكائنات البحرية ، ودعنا ننحى الآن جانبا المحيط المفتوح العميق الذى تتأثر فيه عشائر الكائنات الحية ، لنفكر فى المياه الأضحل على رفوف القارات حيث توجد العشائر الكثيفة • أيا كان ما حدث ، فاننا لا نتوقع أن يبقى الكثير من الكائنات الحية فى شمال الأطلنطى • ثم أن ما تبقى لابد وأن كان يحيا فى الطين أو فى قاع البحر • أما الكائنات التى لم تتبخر فى المياه العليا – والتى يلزم أن نعالج اسهاماتها فيما تلى من

أحداث من وجهة علاقتها بالغلاف الجوى ـ هذه الكائنات قد تواجدت فى صورة جثث · ماذا حدث لهذه الجثث ؟

عندما تموت النباتات والحيوانات تقوم نباتات أخرى وحيوانات باستهلاكها فى تسلسل ينتهى ـ كما ابتدأ ـ بالكائنات الحية الدقيقة · بهذه الطريقة تتحلل التراكيب العضوية المعقدة الى مركبات غير عضوية بسيطة ، تعود لتدخل فى دورة الغذاء · غير أن معظم هذه الحلقة سيتحطم فى حالتنا هذه · فالكائنات الدقيقة المتبقية ستتكاثر بسرعة فى وجود هذه الوفرة من الغذاء ، لتتزايد المواد الغذائية البسيطة · لكنا نشك فى وجود نباتات تستخدمها أو حيوانات ترعى النباتات ·

لن تنجرف الجثث ـ فى المياه العميقة ـ الى قاع البحر بهدوء ، لتدفنها ـ فى وقار ـ عملية الترسيب البطيئة ، لكن هذا سيحدث فى المياه الضحلة ، وستتحلل الجثث جميعا فيما عدا تلك التى حملت الى البحر الذى أصبح الدانيمارك · والماء العميق ، كالغلاف الجوى ، مكون من طبقات ، وثمة تدرج فى الحرارة كما هو الحال فى الهواء ، ويسمى المستوى الثابت الحرارة باسم مستوى الميل الحرارى أو « الثيرموكلاين »، وهذا المستوى يشكل حدا يصعب عبوره ، كما الطروبوبوز · والمادة تعبره فعلا ، وتعتمد كائنات البحار العميقة على المد الذى يصلها من أعلى ويغذيها ، لكن العبور بطىء ، ولقد تحمل الكائنات الميتة بعيدا جدا مع تيارات المحيط قبل أن تعبر الثيرموكلاين · يمكننا الآن حساب حركة مثل هذه الكائنات فى المحيط الحالى ، لأن حركة التيارات معروفة لنا جيدا ، لكن شمال الأطلنطى أيام ماقبل التاريخ كان مختلفا فى الحجم والشكل ، كما أن مياهه عقب واقعة الكويكب لم تكن لتسلك سلوكها فى الأوقات العادية · لنتذكر أن قدرا كبيرا من الماء قد أزيل من موقع الاصطدام عند حدوثه ، ومن الطبيعى أن يحل محله شىء ، وليس من شىء الا أمواه تصله من الجنوب ، فهذا هو الاتجاه الوحيد لوصول الماء الى شمال الاطلنطى أيام هذه الواقعة منذ ٦٥ مليون سنة · ومن المحتمل أن يتسبب اندفاع الماء فى خلق نوع من الدوران فيمزج محتويات شمال الاطلنطى ـ من مركبات غذائية بسيطة ومن جثث ـ مزجا جيدا ، مما قد يسهل عملية التحلل ، ليتحول الماء الى « حساء » غذائى غنى لا سيما فى المناطق الساحلية وعند مصبات الأنهار ·

لم يكن الحساء الغذائى ليترك طويلا دون استخدام · ستحصل النباتات البسيطة ـ الطحالب على الأغلب ـ لتستهلكه ، سيحدث ازدهار طحلبى هائل ، فى بعض المناطق على الأقل · وعندما تموت الطحالب ، فانها ستتحلل هى الأخرى ·

تستهلك عملية التحلل للاكسيجين الذائب فى الماء ـ فالكائنات التى تقوم بعملية التحلل تحتاج الاكسيجين للتنفس ، والتحلل أساسا هو أكسيد الكربون ـ وبذا تموت مختنقة تلك الأحياء المائية التى تتطلب ماء غنيا بالأكسيجين ، تبدأ اذن عملية « اثراء فى الغذاء » ، وتستمر الى أن تصل حدها الأقصى عندما لا يحول الماء غير عدد قليل جدا من الكائنات بجـانب البكتريا . تموت الأنواع اذن الواحد بعد الآخر ، لتسهم بقاياها فى اثراء الغذاء ، وفى حالتنا هذه ، سنجد أن عشائر المياه العليا ستقتل أولا ، لكن الماء الغنى بالغذاء سيمنع عودتها .

أمن الجائز أن يكون هذا ما حدث ؟ هل من الممكن أن يقود الموت الفجائى ـ للبلايين والبلايين من الكائنات الدقيقة والنباتات والأسماك ، والزواحف بالطبع ـ أن يقود الى الاثراء الشامل فى الغـذاء بميـاه الشواطىء ومصبات الأنهار حول شمال الأطلنطى ؟ نعم ، هذا ممكن .

ثمة أثر ثانوى يرتبط باثراء مياه البحر بالغذاء هنـاك من الكائنات البلانكتونية ما ينتج سموما قوية . ومن المعروف أن هذه الكائنات تزدهر ما بين الحين والآخر فى المياه الغنية بالغذاء . وبذا فمن الجائز أن يكون اثراء البحار بالغذاء قد صاحبه تسميم الكائنات . وأثر هذه السموم قـد يكون مباشرا ، فتقتل الأنواع الحساسة أو تضار عند تناولها للسم ، أو غير مباشر ، بأن تتركز السموم فى أنسجة الأنواع غير الحساسة حتى اذا ما أكلتها الأنواع الحساسة ماتت . فالكثير من الرخويات على سبيل المثال يمكنه تحمل السموم ، لكن بعض الأنواع التى تتغذى على الرخويات لا تتحمل السموم ، فتموت . والواقع أن مثل هذا سيجعل قدرا كبيرا من الماء ساما لمعظم الحيوانات الكبيرة ، وربما أيضا لبعض أنواع البلانكتون . أيجوز أيضا أن يكون هذا الماء قد مزج بماء من مواقع أخرى لينشر السم ؟

ثمة أثر نهائى يشمل كلا من البحر والهواء ، وهو ـ كما وعدناك ـ أكثرها مأساوية .

يلزم أن نرجع الى طاقة الاصطدام . اذا ما اصطدمت برصيف الميناء باخرة تحمل ـ مثلا ـ ٢٠٠ ألف طن من الركاز وتسير بسرعة عقـدة واحدة ، تحررت طاقة قدرها ٢٠ مليون جول (الجول هو الوحدة القياسية للشغل ، واذا عبر عنه كهربائيا ، فهو الطاقة التى يبددها واط واحـد فى ثانية واحدة) . يمكنك أن ترى الاصطدام وتسمعه ، لكن ، لما كانت الشحنة غير قابلة للاشتعال فلن تشب النار ولن يكون ثمة دخان ولا انبعاث ضخم من الحرارة . والواقع أنه من الممكن أن تنتج نفس كمية الطاقة عن انفجار ٢ر١ كيلو جرام من مادة ت.ن.ت ، لكن الانفجار هنا سيكون أكثر مأساوية لأن الطاقة ستحرر فى حجم أصغر بكثير .

ان قولنا ان الطاقة التى حصلت عن اصطدام كويكبنا تكافىء انفجار مائة مليون مليون طن من القنابل الهيدروجينية • هذا القول صحيح ، ولكنه مضلل • ستكون سرعة الاصطدام ٣٦٠٠٠ ضعف اصطدام الباخرة السابقة ، لكن معدل تحرر الطاقة سيكون اقل تركيزا بكثير من انفجار القنابل الهيدروجينية •

من الممكن أن نعبر عن شدة الطاقة فى صورة عدد الجولات للكيلو جرام • ستكون القيمة بالنسبة لاصطدام السفينة هى ١ر٠ ، وبالنسبة لانفجار مادة ت٠ن٠ت ١٧ مليونا ، ولاصطدام الكويكب ١٨٠ مليونا وللانفجار النووى ٢٠٠٠٠٠ بليون • ان الأمر يبدو كما لو ان كل جسيم من الكويكب قد صنع من مادة قوة انفجارها عشرة اضعاف قوة مادة ت٠ن٠ت ، وهى اقل مليون مرة من قوة الانفجار النووى •

تهمنا هذه الفروق • لأن نوع التلف الذى ينجم عن الاصطدام يتوقف كثيرا على سرعة تحرر الطاقة وشدتها • فالباخرة (ومثلها أيضا «البلدوزر») تحطم التراكيب الصلبة وبقوة ، لكنها لا تضير جزيئات الهواء والانفجار النووى فيه من القوة ما يكفى لصهر الذرات نفسها • أما كويكبنا ــ الأقوى عشر مرات من الـ « ت٠ن٠ت » ــ فسيكون له من القوة ما يكفى كى يختزل الجزيئات الى ذرات ، والذرات الى أيونات ذات شحنة كهربية ، لكنها لا تكفى لتحوير الذرات نفسها • ان قدرة الاصطدام على كسر الروابط الجزئية أمر هام لتفهمنا لطبيعة التلف الذى جرى ، اذ لو حدث أن كسرت روابط جزيئات المكونات الطبيعية للهواء والماء ، واعيد ترتيبها ، اذن لتكونت تركيبات جديدة سامة جدا •

نعرف أن الوجه البينى ــ المنضغط جدا ــ بين الكويكب والبحر لابد وأن قد ارتفعت حرارته الى درجة أعلى من درجة حرارة سطح الشمس • ونعرف أيضا أن كل الروابط الكيماوية تتكسر بالتعرض لمثل هذه الحرارة ، ويتحول كل شىء الى ذرات عارية ، وأيونات مشحونة كهربيا ، والكترونات حرة • أما ما لا نعرفه فهو كم من البحر قد تحول الى مثل هذه البلازما • ثم ماذا كان معدل مزج هذه البلازما بالهواء وكيف كان أسلوب المزج •

اذا تصورنا أن ١٠٪ من طاقة الاصطدام قد استخدمت فى تحويل ماء البحر الى غاز متوهج حرارته ٣٠٠٠° م فان قدر الماء الذى سيتحول سيبلغ نحو ١٠٠ ــ ١٠٠٠ بليون طن • فاذا ما اختلط هذا الغاز مباشرة مع كتلة مساوية من الهواء فاننا نتوقع أن تكون ذرات الكلور من بين أول المنتجات ، لأن ٢٪ من ماء البحر به أيونات الكلور • أما بقاء هذه الذرات حرة فى شكل كلور ، أو اتحادها بالصوديوم والأيدروجين

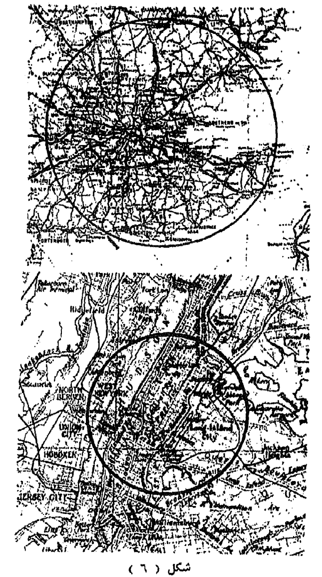
الموجودين بالسحابة المتوهجة ، فسيتوقف على نفس طريقة تبريد البلازما وسرعة اختلاطها بالهواء البارد أو ماء البحر البارد · ولو أن ١٪ من الكلور ظل حرا فى شكل غاز ، فان كميته ستبلغ نحو ٢٠٠ مليون طن ، وهذا قدر يكفى ليحيل مساحة هائلة من المحيط الى حوض معقم خال من الطحالب · سيتاثر من المحيط مساحة ٤٠٠٠٠ كيلو متر مربع لعمق خمسة كيلو مترات ، أو ١ر٩٦ مليون كيلو متر مربع لعمق ١٠٠ متر ·

من حسن الحظ أن الوجود الدائم للميثان بالهواء والماء سيضمن ألا يتحرك الكلور بعيدا خلال الهواء · يتفاعل الميثان مع الكلور بسرعة فى وجود ضوء الشمس ، وفى الهواء من الميثان ما يكفى للتفاعل مع ٣٠٠٠٠ مليون طن من الكلور · ربما قلل من سرعة التفاعل ذلك الاظلام الذى نتج عن الغبار ، نقصد الضوء المرشح فى الفتـــــرة التالية مباشرة لواقعة الاصطدام ، غير أنه من المستبعد جدا أن يكون الكلور قد انتشر بعيدا عن نصف الكرة الأرضى الذى وقع به الاصطدام ليصل الى النصف الآخـر من العـــالم ·

تحدثنا الآن عن الكلور لنوضح كيف يمكن لهذه الكمية الهائلة من قشرة الأرض ومن البحر ــ التى أقلقها الاصطدام وسخنت لحد التوهج ــ أن تتسبب فى تلوث على مستوى رهيب · وليس الكلور الحر هو المنتج الوحيد الممكن ، فمن الجائز أن تتكون أيضا مركبات كلورية مثل حامض الأيدروكلوريك وحامض الهيبوكلوريك · اننا لا نعرف اذا كان هذا التسمم قد حدث ، ولكن سيكون من المثير أن نتتبع نتائج الباحثين الميدانيين لنعرف بأية شواهد قد تظهـر ·

عندما أراد كينيث هسو تفسير هذه الكارثة ، تأمل فى احتمال أن يكون كل هذا التسمم ــ على مستوى الكرة الأرضية بأكملها ــ راجعا الى اصطدام مذنب يحمل ثلجا غنيا بسيانيد الهيـــدروجين · من السهل أن نحسب أنه اذا كان سيانيد الأيدروجين يشكل ١٠٪ من رأس مذنب قطره عشرة كيلو مترات ، ثم لم تتاثر هذه المادة بالاصطدام ونجت بالكامل ، فان تركيز السيانيد فى المائة متر السطحية من المحيط سيكون ١ فى ١٠٠٠٠٠ وربما كان هذا التركيز كافيا لاقلاق أو قتل الكثير من الأنواع الموجودة ــ وليس كلها ·

لكنا نستبعد أن ينجو من حرارة الاصطدام الفظيعة والأكسدة التى أعقبته ، أكثر من نسبة مئوية محدودة من السيانيد · فهو ــ مثل الكلور ــ يتفاعل بسرعة ، ومن المستبعد جدا أن ينفذ بكميات مؤذية عبر حـدود نصف الكرة الأرضية ·



شكل (٦)

اعلى : خريطة لجنوب شرق انجلترا تبين حجم الحفرة التى قد تحدث عن اصطدام كويكب بالحجم الذى نعتقد انه تسبب في الانقراض العظيم .

اسفل : خريطة لنيويورك تبين حجم الكويكب - يقترب من حجم جزيرة مانهاتن .

أما المادة السامة التى نعرف أنها توزعت على مستوى العـــالم عقب الاصطدام ، فهى مادة الأوسميوم وهذا العنصر النبيل عنصر بطبيعته خامل غير مؤذ ، لكنه اذا سخن فى الهواء تأكسد وكون بخار رابع أكسيد الأوسميوم الشديد السمية • ولقد يغدو من سخرية الأقدار أن يكون العنصر الذى هدى فريق الفارس الى فكرة الكويكب كسبب للانقراض هو نفسه الذى تسبب فى هذا الانقراض •

ان المواد اللا أرضية غير صحية من نواحى متعددة • بغض النظر عن حمولتها من الأوسميوم ، فهى بالمقارنة بقشرة الأرض غنية فى الزرنيخ والرصاص والأنتيمون والسلينيوم والكروم والباريوم • وكل هذه عناصر سامة ، ولابد أنها قد انتشرت على طول الأرض وعرضها عند اصطدام الكويكب• من بين الاهانات البالغة التى واجهتها الحياة نتيجة للاصطدام، هناك اذن حقيقة أنها قد تجرعت كوكتيلا من السموم لابد وأن كانت ستباركه عائلة بورجيـا العتيدة !

ان محاولات مصانعنا الحالية فى تلويث البيئة ـ بل وأية محاولة منا يمكن تخيلها ـ ستبدو جد تافهة مقارنة بهذا • لم تكن المعجـزة فى انقراض الأنواع ، وانما كانت فى أن البعض منها قد نجا • وما أن انتهت الواقعة وانقضت ، حتى عادت الحياة تؤكد نفســها ، فى حمية جـديدة •

الفصل التاسع

مسرح الجريمة

منذ فترة ليست بالبعيدة أعلنت شركة لتصنيع السيارات ـ لن نذكر اسمها ـ مزايا انتاجها الجديد فى الصحافة البريطانية وذلك بتشبيه العربات المنافسة بالدينوصورات• قالت فى نشرة الدعاية ان الدينوصورات حيوانات مزعجة ، ثقيلة ، ساذجة ، بطيئة ، ولا تستطيع ان تواجه منافسيها الأكثر تطورا • وهنا ـ لحسن الحظ ـ ظهرت احتجاجات سريعة وحادة قام بها البعض ممن يعلمون الكثير عن هذه الحيوانات القديمة • فسحب الاعلان • كان وصف هذه الحيوانات بالاعلان غير دقيق لدرجة اعتبر فيها عدوانيا من قبل من كرس سنين طويلة من حياته لدراسة هذه الأنواع المنقرضة ولتأمل طريقة حياتها ، مستخدما المتاح من المعلومات•

أما الشيء المهم فهو أن هذا الوصف وصف غير معقول ، ولا يمكن أن يكون معقولا • فالكائنات الحية لا تنجح فى العيش على كوكبنا ، أو على غيره ، الا اذا كانت مهيأة التهيئة الكافية للظروف التى تحيا بها • ان الحقيقة هى أن الزواحف الضخمة التى عمرت هذه الأرض قبل العصر الطباشيرى واثناءه ، كانت حيوانات ناجحة تماما • لقد كانت متلائمة تماما مع العالم الذى عاشت فيه •

أما الحقيقة الأخرى ، فهى أن هذا الاعلان لم يفعل سوى أن ردد خرافة شائعة • ولقد حان الوقت كى نمحو هذه الخرافة ، لأننا اذا لم نفعل ذلك ، فسيظل البعض من الناس يعتقدون ـ برغم الأدلة المقنعة على حدوث الكارثة ـ ان الأنواع تنقرض لأنها « سيئة التصميم » •

طبيعى أنه من الهرطقة العلمية أن نستخدم كلمة « التصميم » عند الحديث عن الكائنات الحية ، لكنا ننزع أكثر مما نعتقد الى الوقوع فى شرك الأفكار الثقافية التى زرعت فينا ونحن بعد أطفال • فمعظمنا على أية حال قد سمع عن هذه العماليق القديمة الهائلة عندما كان طفلا • أمن

المحتمل أن يظل البعض منا يربطها بالتعاليم الأخلاقية المشكوك فيها ، التى عادة ما تحيط بحواديتنا عن المسوخ ؟ يبدو أن ثمة فريقا على الأقل من وكالة للاعلانات قد فعل ذلك ، وان كنا نأمل أن يكون هذا الفريق قد وجه الى جادة الصـــواب ٠

ربما كانت المشكلة قد بدأت منذ نحو قرن وربع ٠ كان ثمة معلومات عن زواحف ضخمة منقرضة ومعلومات وأفكار تتعلق بتطور الأنواع ٠ اختلطت هذه مع نظريات القرن التاسع عشر الاقتصادية ومع محاولات تفهم طريقة عمل المجتمعات الصناعية ٠٠ وحدث تضليل فكرى متعمد عندما حاول بعض المنظرين أن يطبقوا على الأمور الانســـــانية أفكارا علمية مستعارة من ميادين جد مختلفة ، وذلك بغية تبرير النظم السياسية التى يفضلونها ٠ ليس من الغريب اذن أن تكون صور العلم التى وصلت عامة الناس ــ لا سيما الأطفال ــ صورا مشوشة ٠ انسابت بعض الروايات من خلال الصحافة الشعبية ، وعولج البعض الآخر عن طريق مبسطى العلوم ، ليتوصلوا الى استنباطات أخلاقية حيث لا يجوز منطقيا ثمـــة استنباطات ٠ وبذا ارتبطت الآراء عن التطور وعن الأنواع المنقرضة فى معظم الأذهان ــ ولم يكن العلماء أنفسهم دائما محصنين ــ ارتبطت بفكرة « الارتقـــاء » ٠

قد يبدو الأمر موغلا فى القدم بعيدا عن عصرنا هذا المستنير ، لكن لو حدث يوما ووقعت فى محل للكتب القديمة على كتب للأطفال تتحـدث عما قبل التاريخ وضعت منذ نصف قرن لا أكثر ، أو وقعت على كتب فوق الأرفف بالكثير من المنازل كتبت بعد هذا ، فانك على الأغلب واجد نفس وجهات النظر التى سادت القرن التاسع عشر وهى تقفز ثلث المسـافة الى القرن العشرين ٠ ان اتجاهاتنا الجديدة ومعرفتنا الجديدة ، هى فى الواقع جديدة أيضا بالنسبة للكثيرين ٠ فاذا خالجك الشك فى هذا فما عليك الا أن تتذكر أنه بالرغم من أن فكرة التطور كتحول للأنواع كانت قد قبلت على نهاية القرن التاسع عشر ، فان الفكرة الداروينية بأن الانتخـاب الطبيعى هو القوة الرئيسية الدافعة لنشأة الأنواع ، هذه الفكرة قد شكلت صعوبات هائلة ، حتى أنها لم تقبل تماما من قبل المجتمع العلمى الى أربعينات قرننا الحـالى ٠

ربما كان علينا أن نعالج أولا قضية « المعيارية الانسانية » ، ذلك المصطلح الذى يبعث بالرجفة الباردة فى ظهور علماء الحيوان ، والـذى يثير صورة للعالم أكثر انتشارا ، وأصعب تجنبا ، مما يتوقع هؤلاء العلماء ٠٠ اننا بشر ٠ ونحن نرى العالم كبشر ٠ والمعلومات عن العالم تصلنا من

خلال حواسنا البشرية ، وتفسرها أذهاننا البشرية · ونحـــن نعرف أن الحيوانات الأخرى لها حواس مشابهة · لها أعين ترى ، وآذان تسمع ، والسنة تتذوق ، وأنوف تشم ، وجلد يحس · بل ويبدو أن بعض ما يؤلمنا يؤلمها أيضا · أليس من الطبيعى أن نفترض أن ما يبهجنا يبهجها ؟ وأنها اذن تشعر بعواطف كعواطفنا ؟ الحق أن الحيوانات تبين كل ما ذكرناه ، وهى تحس « بالغضب » و « الخوف » · لماذا نضن عليها بمثل هـــذه العواطف الممتعـة ؟ ·

فى بحثنا عن التماثل هكذا مع الحيوانات اللابشرية ، فاننا نعتبرها بشرا برغم المظهر الخارجى المختلف ، اننا نفسر سلوكها فى ضوء خبرتنا نحن ، وبذا نضفى عليها بعضا من انسانيتنا · اذ يكاد يكون من المستحيل علينا ــ ونحن بشر ــ أن نتجنب المعيارية الانسانية دائما لا سيما عندما نتعامل مع حيواناتنا الأليفة · افلم نقابل جميعا القطة التى « تفهم كل ما يقال » ؟ بل ان الكثير من كتب الأطفال تعلمهم بالفعل مثل هذه المواقف الانسانية لتطبع فى اذهانهم احترام الحيوان · لكن المحاولات الزائدة الحماس لمواجهة المواقف الانسانية تقود ــ بكل أسف ــ الى نظرة متطرفة للحيوان فتعتبره ماكينة لا اكثر ، لا يمكنها التمتع بالاحساسات الجميـلة أو بالمعاناة · وهذا بدوره يغذى وجهة النظر المؤكدة للحساسية الزائدة للا بشر · الى أن يصطدم الموقفان المتطرفان المتعارضان ، فيحمل كل فريق لافتاته ، مدعيا الرغبة فى السلم ، مخفيا من العنف قدر ما يعارضه ·

ان النتيجة الحتمية للمعيارية الانسانية وما تؤثر به فى موقفنـا من الزواحف الطباشيرية ، هى اننا لا نستطيع أن نتجنب مقارنة الأنواع الأخرى بنا نحن ، وهذا من شأنه ــ بالضرورة ــ أن يكون فى غير صالح اللابشر ، لأن افتقارها الى الصفات البشرية سيؤخذ ضدها كدليل على نقصها ، النقص الأخـــلاقى عادة · فابن عرس « غير أمين » ، والثعلب « ماكر » ، والقط « قاس » · فاذا ما أضفنا الى هذه النظرة المضـللة للعالم فكرة التطور كارتقاء قمته نحن ، فاننا سنضيف بعدا جديدا · اننا الأذكياء ــ تبعا لتعريف « الذكاء » الذى ابتكرناه نحن لنصف به أنفسنا ــ والزواحف مقارنة بنا غبية · وكل صفة فينا هى خصيصة ترتبط بالنجاح ، وفقدانها يعنى التخلف · وعلى هذا ، ولأن الدينوصورات قد انقرضت فلابد وأن كان ينقصها شىء من خصائصنا البشرية · لقد اندثرت لأنها لم تكن مثلنا · اننا النجاح الذى عليه نقيس فشل غيرنا · ونسالك أن تلحظ السهولة ــ التى يسمح بها استخدامنا لكلمة « النجاح » ــ فى استعمال كلمة « الفشل » · ان الدينوصورات بكل تأكيد لم « تفشل » · فالأنواع لا تفشل · ان الفكرة لا تجوز ·

أما حقيقة أننا لا ننظر هكـذا الا للحيـــوانات ـ بالرغم من بعض المحاولات للتحدث الى النباتات ثم معاملتها فى غير هذا كأنها هى الأخرى بشر ـ هذه الحقيقة تفصح عن خطأ آخر أعمق • فنحن من الحيوانات ، وهكذا كان أجدادنا ـ سواء اعترفوا بذلك أم لم يعترفوا ـ ونحن نفترض أن الحيوانات بالتأكيد أكثر أهمية من النباتات ، كما أن النباتات أهم من الأعداد اللانهائية من الكائنات الدقيقة الميكروسكوبية التى قد لا نعـرف حتى بوجودها • ويمكن أن نلخص موقفنا العام فى الآتى : « ان البكتريا كائنات قذرة قد تمرضك ، وعلى ذلك يلزم أن تقتلها حيثما أمكن ، ومعظم النباتات جذابة ، والكثير منها مفيد ولذا يلزم أن نتعهـــدها بحـــرص ، والحيوانات شبيهة بنا ، وان كان البعض منها قـــد يكون من أخطـــر أعدائنا » • ولقد سبق أن قلنا ، وسنقولها مرة أخرى ، ان هذه النظرة الطبيعية تماما نظرة خاطئة ، والحق أنها خاطئة جملة وتفصـــيلا • ان البكتريا هى التى تقوم بالعمليات التى تحفظ كوكبنا بيئـة صالحة لحياة الكائنات الحية • فلو أن المطهر الذى يقتل ٩٩٪ من الجراثيم المنزلية يقوم بهذا العمل فعلا ، ولو أننا استعملناه بكثرة ، اذا لغدا وضعنا مؤسفا حقـــا •

دعنا نرجع الآن الى ما حدث من تشويش قديم بالقرن التاسع عشر، فهم أن تشارلس داروين قد قال ان التنافس بين الأفراد والأنواع يضمن البقاء للأصلح • أما حقيقة أنه لم يقل هذا فعلا فهو أمر لا يهمنا الآن • انما يهمنا ما سمع عنه • فلقد فهم الذكور من الأوروبيين والأمريكيين بالقرن التاسع عشر ، فهموا أن «الصلاحية» هى كلمة تتمشى مع «الذكورة» و « الرجولة » و « النشاط » و « العفة » ، ومع مفاهيم أخرى مثل القـوة البدنية والبسالة العسكرية • « فالبقاء » يشـــبه كثيرا « الانتصار فى المعركة » أو « النجـــاح فى العمـــل » • وبذا ولـــدت فكرة « الداروينية الاجتماعية » ، لتسبب الكثير من الأذى ، وعندما طبقت الفكرة الشـائعة عن الداروينية على الطبيعة ككل ، لم يتشكك كل من قبل ارتباط الانســـان تطويريا بالأنواع الأخرى ، لم يتشكك فى أننا ذروة العملية ، أن الانسان كان أكثر صلاحية من كل ما سبقه من أنواع • فنحن على أية حـــال ما نزال هنا ، بينما انقرضت هى • فالقضية لا تستحق حتى أن تسمع • أما من لم يقبل الارتباط فلم تكن أمامه ثمة مشكلة • ان الانسان هو سيد هـذه الأرض •

ولقد ساهم استخدام كلمة « التطور » فى زيادة الاختلاط • وداروين نفسه لم يستخدم هذه الكلمة كثيرا ، وكان استخدامه لها بحذر شـديد ـ هكذا أشار ستيفن جيى جولد • وهـــذه الكلمة كانت بالفعل شائعة

بانجلترا فى القرن التاسع عشر ، وكانت تستخدم فعلا كمرادف لكلمــة « الارتقاء » · والطبعة الأخيرة من قاموس اكسفورد لم تذكر معنى « الظهور بالتتالى الواجب » كتعريف للتطور الا بعد تعريفين آخرين · فالتطور اذن يعنى الارتقاء ، الحركة من موقع الى آخر ، مع احتمال وجود غرض ، حتى وان بقى الغرض مخبوءا · ولقد استعمل داروين الكلمة على مضض لأنها وان كانت تصف وجها من أوجه العملية ، الا أنها ـ من الناحية العامة ـ تعارض بصراحة فكرته عن الطريقة التى تمت بها العملية · أما الآن فان الكلمة تستعمل كثيرا ، ولكنها تبقى غير دقيقة علميا ، تماما كما كانت ، ويحسن أن نتذكر هذا دائما · ان أى فكرة عن الارتقاء خطوة خطوة فى تسلسل هى فكرة خاطئة ـ وعلينا هنا أن نستثنى المعنى الضيق للتقدم ، أو التنوع ان أردت ·

أما بالنسبة لأجدادنا الفكتوريين فقد كان « الارتقاء » يعنى مفهوما يمكن للشخص الواسع الخبرة أن يحققه · فاذا ما قيل له ان الأنواع قـد تطورت عن بدايات بسيطة وصلت الى الكائنات المعقدة ، فانه يســتطيع أن يضيف هذه المعلومة الى ما يعرفه من أن لبنى البشر فوق الأرض سلطانا على حياة وموت الحيوانات الأخرى الكبيرة والنباتات ، وبذا يغدو من البدهى أننا ذروة العملية · اننا الصورة « السائدة » فى الحياة ، سادة كل ما نرى ، وفى مقدورنا أن نضفى القليل من الاحترام الظاهرى على هذه الفكرة بأن ندعى أننا الأرفع تطورا بين كل الكائنات · والحق أن « الأرفع تطورا » مصطلح لا معنى له على الاطلاق ، ولكنه يبدو فخيما مهيبا ·

فاذا كنا الصورة السائدة اليوم ، فسيغدو من الحماقة أن ننكر على بعض الأشكال الأخرى أن تكون هى السائدة قبل أن نظهر نحن على وجه الأرض · ربما سادت قناديل البحر يوما ، وربما سادت الأسماك ، وربما ســاد لفترة طويلة أسلافنا من الكائنات البسيطة وحيدة الخلية ، وفى مرحلة معينة ربما سادت الزواحف · ان من يسود هو من يهم فى ساحة الحياة ، فى المصنع الذى نسميه الحياة · أما من لا يسود فهو ـ بالتعريف ـ التابع الأقـل اهميــة · ثمــة ثورة تحــدث من آن لآخر ، فيفصـل صاحب المصنع من رئاسته ، ويطرد من قصره ليتقلد السلطة شخص آخر اقوى يصبح هو السيد الجديد · هذا هو ما يجب أن يكون ، لأن هذا هــو الذى أدى فى نهاية الأمر الى ظهورنا نحن · اننا البرهان على صــواب النظــام ·

اثرت فينا وبعمق صورة التطور الفكتورية هـــذه (برغم خطئها وتشوشها) حتى غدا من الصعب التخلص منها · ما زال الكثيرون منـا

يعتقدون ان الثدييات هى « شكل الحياة السائد » على كوكبنا فى الوقت الحالى ، وأن الانسان من بين الثدييات هو الأسمى • بل ان كبار العلماء ـ ممن يعرفون أكثر ـ قد يسمحون لانفسهم باستخدام هذا التعبير الشائع وهم يتحدثون عن العصر الطباشيرى ويسمونه عصر «حكم الدينوصورات» • انهم يعرفون ما يتحدثون عنه ، لكن مثل هذا الحديث غير الدقيق انما يثبت البلبلة فى عقول العـامة •

لم « تحكم » الدينوصورات ، ولم نحكم نحن • لم يحدث أبدا أن حكمت الدينوصورات أو حكم الانسان أو حكم أى نبات أو أى حيوان • يحكم الملوك والملكات رعاياهم من البشر ، لكن الحيـــوانات والنباتات لا تحكم غيرها من الحيوانات والنباتات • لا وليس من الصحيح أننا كنا يوما شكل الحياة « السائد » ولم تكن كذلك أبدا الدينوصورات أو غيرها من الحيوانات الكبيرة أو النباتات • كل ما نستطيع أن نقوله عنها أنهـا كانت ـ مقارنة بغيرها من الأنواع ذات الحجم نفسه ـ أكثر تعدادا وأكثر نجاحا فى التكاثر • والانسان فى زماننا هذا يتكاثر بنجاح ـ وربما كان نجاحه أكثر من اللازم ـ ولقد استعمر معظم سطح الأرض ـ ليس كله على أية حال ، بل وربما ليس معظمه اذا تكلمنا عن المساحة • ونحن على أية حال لسنا أكثر الثدييات تعدادا • فالفئران أكثر منا ، والخفافيش كذلك ، ولن نذكرك بالأرانب • لكن من الصحيح بالطبع أننا ولحـــد بعيد أكثر الثدييات الانسانية نجاحا ! فاذا ما أردنا أن نستخدم كلمة « حكم » بمعناها الصحيح فعلينا أن نجدول الكائنات على أساس قدر الفوضى الذى يحدث على سطح الأرض لو حدث وأزيلت • عندئذ ستكون الكائنات الدقيقة على راس القائمة ، ومن بينها سائبات النوى ، تلك الكائنات الأصغر من أن ترى بالعين المجردة وتحتاج الميكروسكوبات الأقوى لرؤيتها • لكن القائمة للأسف ـ نقصد للأسف من وجهة غرورنا ـ ستضم النباتات الخضراء التى تستخدم الطاقة الشمسية لصناعة السكر ، والطحالب التى تلعب دورا هاما فى المراحل الأولى لتحلل البقايا العضوية ـ أما الحيوانات ـ تلك التى تستهلك الغذاء الذى توفره الكائنات الدقيقة والنباتات ـ فلن يكون لها مكان بالقائمة • فهى ليست سوى عابرى سبيل بالنسبة لهـــذا النظام ، ويستطيع النظام أن يعمل جيدا فى غير وجودها •

أما ما حدث خلال التاريخ فهو أن الكائنات الدقيقة ، التى قـــد تكون (وقد لا تكون) قد ظهرت أولا فى المياه الضحلة ، قد حورت من البيئة الأرضية بحيث جعلتها أكثر ملاءمة لحياتها • ثم أن بعضها ـ بطريقة ليس امامنا الا أن نخمنها ـ قد بدأ فى التعاون فظهرت الكائنات عديدة الخلايا • ثم ثبت التعاون فتخصصت الخلايا داخل تجمعاتها التى غدت الكائنات

الأكبر ، لتبدأ هذه التجمعات أو الكائنات فى الازدهار · وفى ازدهارها حورت البيئة من حولها أكثر وأكثر · ثم بدأت التغيرات تظهر بين الأفراد عن طريق طفرات عشوائية صغيرة جدا تحدث فىجزيئات الحامض النووى البالغة التعقيد التى تعمل كقوالب لتجميع البروتينات ، والتى تورث الى النسل · عندئذ سنجد أن الأفراد الأكثر قدرة على التغذية والتناسل ستترك من النسل أكثر من غيرها · ان هذا هو ما يسمى فى القاموس الفكتورى باسم « البقاء للأصلح » وربما كان من الأدق أن نسميه « البقاء للمتوسط » فالنظم البيولوجية تنحو نحو الثبات ·

أما السبب فى هذا فهو أمر واضح اذا حررنا أنفسنا من أفكارنا عن الارتقاء ، ولم ننظر الى النوع بمعزل عن غيره ، وانما كعضو بين عشائر تتألف من عديد من الأنواع · ان حقلا فى مزرعة قد يصلح كمثال قريب · فدفء الشمس سيوفر الحرارة لاتمام التفاعلات الكيماوية اللازمة للكائنات الدقيقة كى تتغذى على المعادن التى تحصل عليها من فتات الصخر الناتج عن تكرر تجمد الماء وذوبانه · ثمة كائنات أخرى دقيقة ستتغذى على الفضلات التى تتركها الكائنات الأولى ، بجانب كائنات أخرى ستفترسها · ثم ان البعض من هذه الكائنات ستتكاتف بأن تحيا سويا داخل جدران نفس الخلايا ، والبعض سيضمن بين هذه الجدران كائنات تستطيع أن تستخدم ضوء الشمس فى تصنيع السكريات من ثانى أكسيد الكربون والماء · تحور هذه من الغلاف الجوى ، وبذا تنظم ــ بشكل عريض ــ درجة حرارة بيئتها · ثمة كائنات أكبر (يعتقد بعض البيولوجيين أنها نشأت عن تعاون أبعد لكائنات صغيرة) تستطيع أن تتغذى وتتكاثر ، لتحور من البيئة أكثر وأكثر ، وهذه توفر أساسا فضلات يمكن أن تتغذى عليها مجموعة من الكائنات ، توفر بدورها الغذاء لمجاميع غيرها · فلولا الكائنات الدقيقة لما توفرت المواد الغذائية للنباتات الكبيرة · لن تنمو الحشائش · ولولا النباتات لما وجدت العواشب · ولولا العواشب لما وجدت اللواحم · كل مجموعة تستغل مجاميع أخرى ، وتستغلها غيرها · وعندما يأتى الفلاح ليحرث حقله ويبذر بذوره ، فانه لا يتصرف الا كما تصرف غيره من الكائنات ·

ان النقطة التى يجب أن نتذكرها ــ النقطة الهامة والمراوغة ــ هى أن نجاح مجموعة ما لا يعنى ، ولا يمكن أن يعنى ، فشل المجاميع التى تستغلها · ففى داخل أى نظام مستقر بطبيعته ، سنجد أن الزيادة فى موقع لا يمكن أن تثبت الا بزيادات موازية فى أماكن أخرى · لا وليس التطور هو تغيير نوع من الكائنات الى آخر أفضل بعض الشىء ، وانما هو تلك

التغيرات الضئيلة نسبيا والتحويرات داخل الهيكل الكلى التى بها تتمكن المادة الحية من أن تنظم نفسها ، مرة هكذا ، ومرة بطريقة أخـــرى – بينما يظل النموذج مستمرا • قد يزداد تعقيد الكائنات المفـــردة – نقصد تنظيمات المادة الحية – ولكن هذا لا يعنى بالضرورة اختفاء الكائنات الأبسط • فالكائنات الدقيقة – التى يعتقد أن الأنواع الأخرى قد نشأت عنها – لم تستأصل ، ولا يمكن أن تستأصل • فهى لا تزال موجودة • وهى فى غاية الأهمية • ولما كانت الأنواع تعتمد تماما على بعضها البعض، لتخلق سويا الظروف التى بها تحيا جميعا ، فان للنظام الذى تشكله آليات قوية ذاتية الاصلاح – تغذية استرجاعية سالبة – النظام اذن مستقر يقاوم أى نزوع للتغير ما دام لم يتعد قدرة النظام فيحمله أكثر مما يطيق •

لا تبزغ الأنواع الجديدة ولا تتوطد الا حيث توجد الموارد التى يمكنها استغلالها • وهذه الموارد لا تتوفر فى معظم الأنظمة معظم الوقت • فكل شىء له من يستعمله ، وكل مكان به من يشغله ، ليكون الاخفاق مصير كل جـــديد •

نتوقع اذن أن تتم التغيرات التطورية الرئيسية – على الأرجح – بسبب اضطراب النظم الثابتة ، وأن ينتج هذا الاضطراب عن أسباب من خارج النظم نفسها • ربما كانت هناك استثناءات ، لأن النظم الثابتة نفسها قد تنهار ، لكننا عندما نبحث عن سبب التغير الكبير فان علينا أن نبدأ فى البحث خارج النظام لا داخله •

والحق أن الكثير من محاولات تفسير التغير فى النظم الحيوية قد ظل حتى عهد قريب يرتكز على آراء عن تغيرات داخل النظم ، حتى أن واحدا من كبار الأساتذة قد وضع – فى ستينات هذا القرن – كتابا عما قبل التاريخ استخدم فيه مثل هذا التفسير – الذى كان سائدا فى القرن الماضى – فى تعليل اختفاء الدينوصورات •

كانت نظريته تقول انه مثلما تكون للأفراد دورات للحياة ، كذا تكون أيضا للأنواع ومجاميع الأنواع • فهى تنشأ ، وتتكاثر ، وتزدهر ، لكنها تتدهور أخيرا لتختفى نتيجة لما يشبه الشيخوخة • ولما كان الانتخاب الطبيعى يتخلص من الأفراد والسلالات الأضعف ، فان أثره خلال الفترات الطويلة من الثبات هو تناقص حجم المستودع الجينى، فتزداد بذلك التربية الداخلية التى تضعف العشيرة ككل • من بين الصفات التى يرثها كل جيـل عن آبائه هناك ثمة صفات للتأقلم تساعد الفرد فى حياته اليومية ، لكن هناك أيضا البعض مما قد يصبح معوقا • وتقول النظرية انه بعد عدد كبير من الأجيال تتراكم مثل هذه الصفات « الرديئة » لتقود فى نهاية الأمر الى

اضعاف القدرة على التكاثر ، فتنجب الأفراد التى تحملها ـ وهذا يعنى كل أفراد النوع ـ عددا أقل من النسل فى كل جيل ، حتى يتلاشى النوع تماما · لقد أصابه الهرم وتدهور · وتضم « البراهين » بالنسبة للدينوصورات ما يزعم عن حجمها الضخم وحركتها البطيئة وعدم قدرتها على التـأقلم مع الظروف المتغيرة ·

ثمة فكرة مشابهة تكمل هذه كانت أيضا شائعة أيام أجدادنا · تقول هذه الفكرة ان بعض الخصائص يمكن أن تتطور بطريقة لا يمكن السيطرة عليها بحيث تتضخم اكثر وأكثر فى كل جيل جديد · فالدينوصورات تصبح اكبر واكبر ، ابطأ وابطأ ، اغبى واغبى ، حتى نصل ـ كما كان يحكى لنا ونحن أطفال ـ الى البرونتصور مثلا الذى كان من الغباء وبطء الحركة حتى ليتطلب الأمر منه نصف ساعة كى يستجيب لسقوط حجر على طرف ذيله · أما من يصدقون هذه النظرية ـ وكانوا كثيرين جدا حتى زمن قريب ـ فهم يعتقدون أن أيل الالك ـ وهو أكبر اعضاء عائلة الغزلان ـ قد انقرض لأن قرونه أخذت تكبر جيلا وراء جيل الى أن أصبحت تشتبك مع النباتات فلا يستطيع أن يخلص نفسه لياكل ، وربما ازداد وزن هـــذه القرون حتى لم تستطع الحيوانات أن ترفع رأسها · وتدعى هذه النظرية أن النمر المسيف الأسنان أخذت أسنانه تكبر حتى وصلت الى حجم لـم يستطع بعده الحيوان المسكين أن يغلق فمه ، ففقد القدرة على المضغ ·

ان مثل هذه الأمثلة توضح سخف النظرية ـ والنظرية السابقة لم تكن اقل سخفا ـ ولكنها بالرغم من ذلك استمرت بشكل محور · انه لـمن المستحيل أن تقود أية عملية تطورية الى افراد اقل تأقلما ، فمثل هـذه لن تعيش حتى تنجب · وبذا فهى تتلاشى فورا ·

ما يزال الكثيرون يعتقدون أنه من الممكن أن تتطور الأنواع الى اشكال اكثر وأكثر تخصصا تقودها فى طريق مقفل حيث لا فكاك اذا غدا من الصعب الحفاظ على طريقة الحياة التى تكيفت عليها · ويوصف النمر أحيانا بأنه حيوان متخصص ، ذلك لأنه كلاحم كبير يحتاج الى أرض واسعة فلا يستطيع البقاء اذا نقصت المساحة التى يعيش عليها · وكل هذا يعنى بالطبع أن النمر لا يستطيع أن يحيا دون غذاء ، وهكذا نحن أيضا ! غير أننا نعتبر أنفسنا من الأنواع الأقل تخصصا ، ولذلك فنحن من بين أقوى الكائنات · ان قائمة الأنواع العـــالية التخصص من الكائنات الدقيقة والنباتات والحيوانات قائمة طويلة جدا · والكثير من هذه الكائنات يحيا بهذه الأرض منذ مئات الملايين من السنين ، وتخصصها ـ كمـا هو واضح ـ لم يسبب لها أى أذى ، فأسنانها لم تكبر لا ولا كبرت قرونها ولا

أى من زوائدها فسببت تعويقا لها • وبرغم سلسلة انسابها فانها لا تبين أية دلالة على الهرم ، على اننا نستطيع أن نفهم كيف كتب صانعو السيارات اعلانهم الذى اشرنا اليه فى أول هذا الفصل •

اننا ندعى اذن أن زواحف العصر الطباشيرى كانت « ملائمة » تماما، بالمعنى التطورى ، وليس ثمة سبب يدعونا للفرض بأنها كانت تتدهور • والآن ، ماذا نعنى بكلمة « ملائمة » ؟

بعد ان خلصنا انفسنا من اية فكرة نعتبر بها التطور ارتقـاء ، علينا ان نسأل انفسنا عما يحدد النجاح التطورى • الواضح أن النوع الكثير العدد هو نوع ناجح • لكن ، ماذا « ينجح » بالتحديد ؟ فكل الكائنـات على اية حال ـ لابد أن تموت ـ اذا نحينا جانبا الكائنات الدقيقة التى تتكاثر بالتضاعف الخلوى الميتوزى) والتى يمكن اعتبارها خالدة • يصعب أن نعتبر الموت صفة تتعلق بالنجاح •

كان أول مفتاح لتفهم العملية جملة ذكية قالها صمويل بطلر (١٨٣٥ ـ ١٩٠٢) : « ليست الدجاجة سوى وسيلة البيضة لصناعة بيضة أخرى » • فالبيضة تنقل البيانات المشفرة من جيل الى جيل ، البيانات التى توجـه تكوين الدجاجة أولا ، ثم البيضة الجديدة • هل بقاء هذه التعليمات اذن هو ما يهم ؟ ثمة حامض يسمى د ن ا ـ هو الحامض الذى يتضـاعف وينتقل من جيل الى جيل وتنشأ عنه قوالب لتجميع الأحماض الأمينية • ان فكرة أن يكون هذا الحامض هو مادة التاريخ البيولوجى وأنه من الممكن أن نعتبر التطور تنمية لمجموعة من « آلات البقاء » تضمن خلود تشكيلات معينة من الـ د•ن•ا ، هذه الفكرة عرضها باقناع ريتشارد دوكنز ، ولخص وجهة نظره فى كتاب له سهل القراءة (الجين الأنانى ، ١٩٧٦) • ويعزز من معقولية فكرته كثيرا ، حقيقة ان الخلايا تحوى من الـ د ن ا أكثر مما يلزم لتركيب خلايا أخرى مشابهة ، والوظيفة الوحيدة على ما يبدو هى أن يضاعف نفسه لينتقل عبر الأجيال • وعلى هذا فعندما نتأمل الكائنات الحية علينا ان نتفهم « ملاءمتها » فى ضوء نجاحها فى ضمان بقـاء الـ د ن ا الذى تحمله معها • هى قد تنقل هذا الـ د ن ا الى مواطن جـديدة فتنشره بالأرض على نطاق أوسع ، وهى قد تسلمه لنسلها بكفاءة تفـوق كفاءة أسلافها •

أمام النوع تدبيران : أحدهما أن ينتج الكثير من النسل • سـيموت منه الكثير ، لكن ، لو حدث وتحسنت فجاة الظروف البيئية فسيكون ثمـة أعداد كبيرة من الأفراد لاغتنام الفرصة • وهذه الاستراتيجية تميز الأنواع

التى تتعرض بيئتها لتغير سريع غير متوقع • أما البديل الآخر فهو أن ينتج الفرد عددا محدودا من النسل يتلاءم مع قدرة حمل البيئة ــ التى تكون هنا ثابتة تقريبا • وهذه هى الاستراتيجية التى نلحظها بين الرئيسات مثلا ، وكثير غيرها من الحيوانات ، ونجدها عموما شائعة عند خطوط العرض الدنيا والظروف المستقرة ، بعكس بديلتها التى نجدها فى البيئات ذات الفصول الواضحة عند خطوط العرض العليا • ولكن لهذه القاعدة الكثير من الاستثناءات •

دعنا نفحص ملاءمة الزواحف ولنبتدىء أولا بكفاءتها التناسلية • ان تشعب خطوط الأفراد الى ما نعرفه كأنواع مختلفة يتطلب امكان مزج الجينات عن طريق تزاوج الأفراد • لكل فرد طاقم من الجينات يختلف فى تفاصيله عما لغيره من الأفراد • وسنجد أن جينات بعض الأفراد فيها من التشابه ما يكفى كى يسمح لها بالتزاوج سويا لينتج عنها أفراد خصبة قادرة على التكاثر • ولما كان التزاوج يعنى اقتران المادة الوراثية ــ جديلة من كل أب ــ ليتكون اللولب المزدوج الكامل ، فمن الضرورى أن تكون الجديلتان « متناغمتين » كيماويا • ولكى يصبح هذا ممكنا يلزم أن يكون الاختلاف بين الجديلتين داخل حدود محدودة • فمن الممكن للانسان مثلا أن يتزاوج بنجاح مع انسان آخر (من الجنس الآخر) لكن تزاوج انسان مع غير انسان سيفشل ، بسبب الاختلافات الجوهرية فى ترتيب وحدات مادتهما الوراثية • ومثل هذه المجاميع المنفصلة من الكائنات الحية ، التى ينجح داخلها التزاوج ، هى ما نسميه « الأنواع » • ولقد نشأ التكاثر عن طريق تزاوج الأفراد ــ أول الأمر ــ بالكائنات الحية الدقيقة •

بدأت الأنواع فيما بعد تضع البيض ، أما الخط الذى قاد الى البرمائيات والزواحف والطيور والثدييات (قادها فى الزمن وليس بمعنى الارتقاء نحو هدف معين) فهو يضم الأسماك • تضع الأسماك بيضها لتخصبه الذكور خارج الجسم ، فى الماء • يفقس البيض وتخرج منه اليرقات ، لتبدأ فى اعالة نفسها مباشرة عقب الفقس • يتعرض البيض لأنواع أخرى تأكله ــ وان يكن بيض بعض الأسماك محصنا ــ وتضيع معظم اليرقات فى أفواه المفترسات • وعلى هذا ، فلكى تضمن الأسماك بقاء القدر المطلوب من الـ د ن ا فان كل سمكة ستضع عددا هائلا من البيض ــ عادة يقدر بمئات الألوف • هذه الطريقة اذن تبدد الموارد لاسيما من الـ د ن ا ، لكنها تعمل جيدا مع الأسماك • فبيئتها عرضة للتغيرات المفاجئة فى قدر الغذاء المتاح وفيما تتعرض له من المفترسات •

تتكاثر البرمائيات بنفس الطريقة تقريبا ، وان كان بعضها قد يبقي بيضه أو حتى يرقاته داخل جسم أحد الأبوين أو فوقه مما يزيد فرصة البقاء · لكن بيض البرمائيات - مثل بيض الأمساك - لابد أن يوضع في الماء ، كما أن اليرقات التى تفقس عنه تحيا بالسباحة حرة في الماء ·

فاذا ما وصلنا الى الزواحف وجدنا فرصة بقاء الصغار وقد ازدادت· فالزواحف تضع بيضا له امنيون ، وهذا كيس ممتلىء بسائل ينمو داخله الجنين · وعلى هذا تتم كل مرحلة نمو اليرقة داخل البيضة بدلا من السباحة وبدلا من أن تكون فريسة للكثير من اللاحمات التى تسكن الأنهار والبرك والبحار · ثم تفقس البيضة ليخرج منها حيوان يشبه أبويه كثيرا ·

وقد تمضي مرحلة هذا النمو في بعض أنواع الزواحف الى مدى ابعد · ثمة زواحف - كالسحلية الانجليزية الشائعة - تسمى الولود البيوض تحتفظ الأنثى فيها بالبيض داخل جسمها - منفصلة عنه - حتى يفقس ، نعنى أن الأم لا تغذيه وانما توفر له الحماية بجانب البيئة المثلى للحضانة (ثمة لبس في المصطلحات هنا : فالأنواع الولود البيوض تنتج صغارا حية عندما تترك جسم الأم ، وعلى هذا فكثيرا ما تسمى بالحيوانات الولود ، وهذا خطأ) · ومثل هذه الحيوانات تنجب عددا من الصغار اقل بكثير ، ولكنها عادة ما تعيش في بيئات مستقرة ، أو بيئات يمكن فيها التنبؤ بالتقلبات ·

اما الثدييات فتصبح البيضة جزءا متمما لجسم الأنثى · اذ يصل الغذاء الجنين لا عن طريق مخزن - الصفار - وانما مباشرة من جسم الأم · كما أن فضلاته تزال عن طريق الجهاز الاخراجي للأم · فالأم تحمي جنينها تماما من الأخطار الفيزيقية ، كما تحميه غذائيا · وبذا تكون فرصته في الحياة خلال فترة الحمل أعلى من مثيلتها في أجنة الزواحف والبرمائيات والأسماك · لكن بالرغم من أن جنين الثدييات لا يمر بمرحلة اليرقة الا انه يولد عاجزا تقريبا ، فهو لا يستطيع الحياة مستقلا عن امه ، وهو في بعض الأنواع - ومنها الانسان - يحتاج الى رعاية كلا الأبوين · لكن النظام الثديي - مقارنة بالزواحف - يسمح بالفعل بنسبة بقاء أعلى للصغار - أو لـ د ن ا المستثمر ، أن شئت ·

ان استعمار النباتات للأرض الجافة يوفر مصدرا للغذاء يمكن للحيوانات استغلاله ، لكن يلزم أن تتمكن الحيوانات أن تتنفس اكسيجين الجو مباشرة، لا أن تحصل على الذائب منه في الماء ، كما يلزمها أن تحتجز الماء جيدا بأجسامها كي تحفظ البيئة السائلة التى فيها تتحرك المواد داخل أجسامها وبها تتم معظم التفاعلات الكيماوية الحيوية · تستطيع بعض الأسماك أن تحصل على الأكسيجين من الهواء اذا كانت لها مثانات

السموم • وتمتلك البرمائيات والزواحف والطيور والثدييات رئات ، وان كانت البرمائيات تحصل على معظم اكسيجينها من خلال الجلد • والحشرات ــ وكانت أول الحيوانات التى تحولت الى الأرض الجافة ــ تتنفس بآلية تتضمن الانتشار ، والانتشار عملية كفاءتها عالية فى المسافات القصيرة لكنها لا تكفى أى حيوان أكبر من الحشرة • وبالرغم من أن البرمائيات البالغة تحصل على الاكسجين أيضا عن طريق الانتشار الا انها تعزز هــذه العملية بالتنفس بالرئات • ويظل الجفاف خطرا تواجهه الأسماك ان هى تركت الماء ، وتواجهه أيضا البرمائيات لأن جلدها ليس محصنا بحيث لا ينفـــذ الماء تمـاما • لكن جلد الزواحف لا ينفذ الماء اطلاقا ، ولقد مكنها هذا بجانب بيضها الأمنيونى من التحرك بعيدا عن الماء •

انتشرت الزواحف لتستعمر معظم سطح العـــالم • ولقد وجدت أحافيرها فى كل القارات فيما عدا قارة القطب الجنوبى ، وفيها توجـــد الأحافير على الأرجح تحت الغلاف الثلجى • ومن المعتقد أن كل الأرض الجافة على كوكبنا كانت تشكل قارة واحدة ، هى بانجايا ، كانت قـــد انقسمت على العصر الطباشيرى لتشكل جوندوانالاند فى الجنوب ولوراسيا فى الشمال • ثم انشطرت جوندوانالاند لتفقد الهند أولا ثم كتلة الأرض المشتركة لاستراليا وقارة القطب الجنوبى ، وتتكسر فيما بعد الى ما هو الآن أفريقيا ومدغشقر وجنوب أمريكا • انشطرت لوراسيا عندما انفتح شمال الأطلنطى عبرها ، لكنها لم تنقسم الى الكتل الحالية حتى وقت متأخر كثيرا • ظهرت الزواحف أول الأمر خلال العصر البنسلفانى من الحقب الباليوزى ، منذ نحو ٣٠٠ مليون سنة • وعندما انقسمت بانجايا الى قسمين كانت الزواحف قد ثبتت أقدامها على الأرض وابتدأت فى التطـور الى أشكال جديدة •

أدى هذا التطور الى نشوء الاركوصورات ــ وهذه الكلمة تعنى « الزواحف الحاكمة » لتعكس أصلها الفيكتورى ــ ثم الى الدينوصورات الحقيقية • ولقد ظهرت الثعابين والسحالى فيما بعد ــ وهى نمطيـــة للزواحف الحالية ــ السحالى فى الترياسى والثعابين فى الطباشيرى • أما الأركوصورات التى بقيت حتى عصرنا هذا فهى التماسيح •

تسبب فى تعقيد تطور الدينوصورات حقيقة أن الكثير منها اســتمر يتطور بالتوازى بعد أن انشعب من الأرومة الأصلية ، الشىء الذى نتــج عنه الكثير من أوجه التشابه بين مجاميع بعيدة القربى • كانت المجموعة الأولى من الدينوصورات البدائية هى الثيكودونتات ، فهى السلف لــكل المجاميع التى تلتها • ولقد عبرت الانقراض الذى حدث فى نهاية العصر البرمى ، منذ نحو ٢٢٥ مليون ســنة •

كانت الثيكودونتات وكل الأركوصورات من اللواحم • كانت تتغذى على البرمائيات والزواحف الأقدم • كان فى مقدورها اصطياد الحيوانات الأخرى لأنها كانت تسير أسرع من فرائسها • وهى من سلالة أفراد كـان حوضها يختلف عن شـكل حـوض البرمائيات والزواحف الأقدم باحدى طريقتين : اما أن تحول الأطراف الى موضع تحت الجسم مباشرة (فى البرمائيات والتماسيح يركب عظم الذراع وعظـم الفخذ افقيا ، وتكون الأطراف السفلى هى الرأسية) ، أو أن يسمح بوجود قدمين •

كانت معظم الاركوصورات من ذوات القدمين ، وان كان بعضها هكذا جزئيا فقط ، كما أن بعضها كان أصلا ذا قدمين ثم تخلى عن ذلك • ومثل هذه قد خانت الطريق الذى غدت به حيوانات من ذوات الأربع بأن حملت رجلين خلفيتين أطول وأقوى من الأماميتين ، كما حملت أذيالا قوية كانت تساعد فى توازن الأشكال ذات القدمين •

كان للأركوصورات الأولى أسنان توحى بغذاء نباتى ، كما أن البعض الآخر فقد أسنانه تمـاما واستبدلها بمنقـار قرنى صلب • ولقد تميزت الأركوصورات عن غيرها من مجاميع الزواحف بخصائص فسـيولوجية أخرى تتعلق بالجمجمة وكذا بالأطراف •

بزغت الدينوصورات من بين الاركوصورات • اننا نميل الى تجميع كل الدينوصورات سويا ، لكنها فى الحق تشكل بضع مجاميع مميزة • صحيح أن البعض استمر لاحما ، الا أن معظمها قد تحول الى عاشب يمشى على أربع ــ لا على اثنين ــ عندما تميز كدينوصور • وعن الاركوصورات نشأت الصوريشيا والأورنثيشيا والتماسيح والصورات المجنحة والطيور• وهذه المجاميع مختلفة تماما • وبالرغم من أن الطيور ليست من الزواحف الا انها قد أدرجت لأنها تشعبت مبكرا عن أرومة الزواحف ، ولأنها عاشت فى الفترة التى كانت فيها الزواحف أكثر فقاريات اليابسة عددا ، كما انها احتفظت بالكثير من خصائص الزواحف • والشىء الغريب انها لا ترتبط كثيرا بالصورات المجنحة التى تطـورت عن طـريق مختلف • أما رتبتا الدينوصورات الحقيقية فهما الصوريشيا والأورنيثيشيا •

تختلف المجاميع فى تركيب الحوض ، لكنها تختلف أيضا فى غير هذا من الصفات • ابتدأت الصوريشيات ، كلواحم تطور الكثير منها الى عواشب تمشى على أربع • لكن كل الدينوصورات اللاحمة تنتمى الى هـذه المجموعة • أما الأورنيثيشيات فقد كانت عاشبة من البداية وبقيت هكذا ، لكن البعض منها ــ تماما كالصوريشيات ــ قد تطور الى حيوانات ضخمة

ذات قدمين ، على الأقل جزئيا · ولقد تطور البعض من هذه الأشكال ذات الرجلين الى الهادروصورات ، ومن المعتقد ان هذه الدينوصورات العجيبة ذات المنقار كانت ترعى فى قطعان كبيرة فى النهايات الأخيرة للعصر الطباشيرى ·

كان ثمة داخل هاتين المجموعتين الرئيسيتين مجاميع أصغر ، فى داخلها أعداد ضخمة من الأجناس والأنواع ، كان لها كل الأشكال والأحجام ، ولم تكن جميعا ضخمة · فبعض الدينوصورات لم يزد حجمه عن حجم الأوزة · واكتسب البعض منها صفائح عظمية ــ ربما للدفاع ــ أو اكتسب أهدابا عظمية ضخمة تشكلت فى بعض الأنواع عن سحب جزء من الجمجمة لتوفير المكان لعضلات الفك · كانت الدينوصورات بالتأكيد متباينة ، وكان انتشارها واسعا · ويمكننا أن نقول انها قد استغلت كل الموارد التى اتيحت لها · كما أنها بكل تأكيد لم تكن تتدهور فى نهاية العصر الطباشيرى ، أو كما قال ٠أ٠س٠ رومر : « اذا استثنينا الباليوبودات والاستيجوصورات البدائية ، فان كل الأنماط الرئيسية للدينوصورات كانت ما تزال موجودة فى المراحل النهائية للحقب الميزوزوى (العصر الطباشيرى) لكنها اختفت جميعا على بداية الحقب السينوزوى (الحقب الثالث) ·

فنيت الدينوصورات نتيجة لكارثة ما · لو ان الكارثة لم تحدث ، فهل كانت ستنقرض فى ذلك الوقت على اية حال ؟ اننا نعرف بوضوح ــ لأننا من الثدييات ــ الميزات التى يضفيها علينا ملمحان اساسيان من ملامحنا : ثبات حرارة الجسم ، وولادة الأحياء · كانت الثدييات ــ وهى سليلة زواحف شبه ثديية ــ موجودة خلال الفترة الأخيرة من العصر الطباشيرى · والنظم الثابتة يمكن أن تقلق اذا ما غزتها انواع جديدة تثبت أنفسها · ولقد حدثت التغيرات الايكولوجية فى زماننا نحن بسبب دخول أنواع خارجية فى نظم ايكولوجية كانت ثابتة ــ فالأرانب والعنز البرى والقطط البرية قد سببت مثل هذه التغيرات فى الكثير من أجزاء العالم ·

طبيعى أن تكون الأنواع الجديدة ــ فى مثل هذه الأحوال ــ غريبة بالنسبة للنظام الذى تغزوه · فلو انها تطورت داخل النظام لشكلت جزءا من شبكة العلاقات التى تضم المفترسات والطفيليات ، ولأوقف تزايد أعدادها عند حد محدود ــ فالنظام الثابت لا يمكن أن يقلق هكذا ، من داخله · أمن الممكن أن تكون الثدييات قد جاءت غازية ؟ أمن الجائز أن تكون قد ظهرت أولا ــ أو ظهر البعض منها ــ فى منطقة معينة ثم هاجرت ، وأن علاقتها بالدينوصورات كانت تشبه مثلا علاقة الجرابيات الثديية فى استراليا بالمشيمات التى أدخلها الأوربيون بهذه القارة فاحتلت معظم

مواطنها وتسببت فى انقراض البعض منها ؟ نعم ، هذا ممكن ٠ وان لم يكن ثمة دليل على حدوث هذا غير أن هذا التفسير غير كاف ٠ فالمؤكد أن المشيميات الثديية قد حلت محل الجرابيات باستراليا ، لكن لم ينقرض من الجرابيات الا البعض ــ فهى لم تنقرض جميعا ٠ بل وربما استفاد من ذلك اكبر العواشب الجرابية ــ الكنغر ــ فازدادت أعداده ٠

هل علينا اذن أن نفترض أن مثالنا عن الجـــــرابيات فى مواجهة المشيميات لم يكن صارما بما فيه الكفاية ؟ هل علينا أن ننسب ميزة أكبـــر للثدييات فى تنافسها مع الزواحف ؟ ان هذه واحدة من وجهات النظـــر التقليدية ، ولكن ما مدى واقعية مثل هذه الميزة ؟

الثدييات ثابتة الحرارة ، وهى تلد أحيانا ، كما قلنا ٠ كلتا الصفتين تضفيان بعض المزايا ، لكن ثبات الحرارة له ثمن يدفع كغذاء اكثر ٠ من الجائز جدا أن يكون الظهور الفجائى لثابتات الحرارة قد أجهد موارد الغذاء التى كانت لا تكاد تكفى الغذاء المتواضع لمتغيرات الحرارة ٠ لاشك أن بعض الزواحف ، كان يحيا على الكفاف فى مراعى ضعيفة ٠ فى مثـــل هذه الظروف سيصعب أن تحل ثابتات الحرارة محل متغيرات الحرارة ٠ فعندما يكون الغذاء شحيحا لن يتميز النهم ! وعلى هـــذا فاذا ما ظلت الظروف البيئية ثابتة فى موطن تزدهر فيه متغيرات الحرارة فلن تتميز فيه ثابتات الحرارة ٠ انما يتحقق التميز اذا ما هاجرت ثابتات الحرارة الى بيئات تركتها متغيرات الحرارة بسبب الجو ٠ ومن الممكن جدا أن نتخيل وضعا يمكن فيه لثابتات الحرارة أن تستغل موارد عديمة النفع بالنســبة لمتغيرات الحرارة السابقة التواجد بالموقع ، بحيث تحيا الثدييات فى وضع التابع بجانب الزواحف ٠ لكن من الصعب أن نتصور أن تكـــون للثدييات اليد العليا الا حينما ــ وحتى ــ تقع حادثة خارجية تغير البيئـة لتصبح فى غير صالح متغيرات الحرارة ٠

وأكثر من ذلك ٠ اننا نفترض أن الزواحف كانت متغيرة الحرارة ٠ ولقد سبق أن ذكرنا أنها قد لا تكون كذلك ٠ فالثدييات لم تتطور الا مؤخرا عن الزواحف الشبيهة بالثدييات ، التى يجوز جدا أن تكون ثابتة الحرارة، وقد تكون الأسلاف الثابتة الحرارة للطيور موجودة أيضا عندئذ ٠ حتى لو سمحنا بميزة لثابتات الحرارة ، فستكون ميزة للثدييات يشاركها فيهـــا على الأغلب بعض الزواحف ٠

والولادة تضفى أيضا ميزة ، لكن هذه لا تفيد الثدييات بأكثر ممـــا تفيد الزواحف ٠ فالكثير من زواحف العصر الحالى ــ كما ذكرنا ــ ولود ببيوض الشيء الذى يسمح لها بالتمتع بنفس المميزات ٠ ولما كانت الثدييات

الولود قد انحدرت عن الزواحف ، فليس من المستحيل أن تكون بعض زواحف العصر الطباشيرى ولودا حقيقية ٠

بمعنى ما ، نحن اذن لا نقارن بالضرورة شبيها بشبيهه ٠ فالكثير من الزواحف ولود بيـــوض ، وربما كان البعض منها ولودا وربما كان البعض ثابت الحرارة ٠ لكن ليس لدينا سبب يدعونا للفرض بأن الكثير من الزواحف ــ أو حتى بأن أيا من الزواحف ــ كان ولودا وكان فى نفس الوقت ثابت الحرارة ، كما هو حال الثدييات ٠

اذا أردنا أن نتصور حالة كارثة تزدهر فيها الحيوانات ان كانت لها الصفتان على حساب الحيوانات التى لا تمتلك أيا من الصفتين أو واحدة منهما فقط ، فاننا ســـنحتاج نوعا من التغير البيئى ناتجـــا عن عوامل خارجية ٠ وربما كان العامل الأكثر احتمالا هنا هو المناخ ٠ فاذا ما تحول المناخ بحيث أصبحت فصـــوله واضحة ، عنـــدئذ ستقاسى الزواحف ولا شـــك ٠

لا يلزم أن يكون الصيف أبرد ، طالما كان أدفأ من الشـــتاء وطالما انخفضت حرارة الشتاء الى مستوى لا تتحمله متغيرات الحرارة ٠ فاذا ما كان الصيف ايضا ادفأ تزايد الأثر المعاكس على هذه الحيـوانات ٠ وحيثما كانت الحرارة أعلى أو أدنى من المدى الذى تنشط عنده متغيرات الحرارة ، فسيكون عليها أن تنفق فى تدفئة أو تبريد أنفسها وقتا لا تستطيع أن تكرسه فى أى نشاط آخر ٠

فاذا كانت هذه الحيوانات تضع بيضا مخصبا فان البيض ايضـا سيتأثر بالحرارة المرتفعة والمنخفضة ٠ ومن الجائز الا يكون ثمة فصـــل للتناسل فى الحيوانات التى تطورت تحت مناخ بلا فصول مميزة ، فلن يكون هناك سبب يستدعى ذلك ٠ لكن ما أن تتحول البيئة الى المنـــاخ الموسمى حتى يدعم الضغط الانتخابى تحولا الى التناسل الموسمى ٠ قد لا يكون هذا فى ذاته كافيا لضمان البقاء ، فليس أيض الحيونات وحـده هو ما يتأثر بدرجة الحرارة ، اذ تتأثر ايضا النباتات التى تعتمد عليها الحيوانات فى غذائها ٠ فالمناخ الموسمى هو مناخ يتباين فيه أيضا مع الفصول القدر المتـــاح من الغذاء ٠

لا شك أن هذا سيضيف ضغطا انتخابيا آخر على السلوك التناسلى ٠ فلا يكفى أن يضع الحيوان بيضه عندما تكون حرارة الجو ملائمة لتفريخه ، اذ يلزم أن تنقف الصغار الى بيئة غنية بالغذاء ٠ ذلك أنها اذا لم تتمكن من النمو بسرعة حتى تصل الى الحجم البالغ ــ الشىء الذى يحصر مجـــال الاستراتيجية فى الحيوانات الصغيرة ــ فان عليها أن تفقس مبكرا فى

فصل نمو النباتات كى تقضى أطول وقت ممكن فى التغذى وزيادة الوزن انتظارا لنقص الغذاء فى الشتاء القادم · غير انه اذا كان للبيض أن يفقس مبكرا ، فسيتحتم أن تضع الحيوانات بيضها فى وقت أبكر حتى من هذا ، وفى هذا ما يزيد من خطر أن تتسبب برودة الجو فى تبريد البيض ، فتقتل الأجنـــة ·

ثمة طريقان لحل هذه المشكلة · فالطيور التى تعيش عند خطـوط العرض العليا مثلا تضع بيضها مبكرا فى العام ، لكنها تقوم بحضانته بحرارة أجسامها ، وهى لا تستطيع أن تفعل هذا لو لم تكن من ثابتات الحرارة ـ فالزواحف الحديثة لا يمكنها أن تقوم بهذا ·

اما الطريق الثانى فهو أن يكون الحيوان ولودا ، أو على الأقـــل ولودا بيوضا · فباحدى هاتين الوسيلتين يمكن للآباء السيطرة بثبـــات على بيئة البيض المحضن ، ففى بحثها عن الظروف التى تفضلها ستصل أوتوماتيكيا الى الظروف التى يحتاجها بيضها · وهذه الاستراتيجية تصلح لمتغيرات الحرارة ، كما تصلح لثابتات الحرارة · فعندما تدفىء متغيرات الحرارة جسمها أو تبرده فانها تدفىء بيضها وتبرده · ورغم ذلك فان ثابتات الحرارة تتمتع بميزة واضحة لأنها اقل انصياعا لحرارة الجو ، وتستطيع أن تعمل بكفاءة فى مدى واسع من درجات الحرارة الخارجية · فمن الممكن أن تتزاوج فى الخريف ، ويمتد الحمل خلال الشتاء ، لتلد على نهاية الشتاء وتفطم صغارها عندما يكون الغذاء النباتى وفيرا ·

ولقد تحورت طريقة الولادة فى بعض الثدييات الحـــالية لتســـمح بامتصاص الأجنة الميتة ، وبذا تضمن الا يولد الا الأفراد التى لها أعلى فرصة فى البقاء ، كما تضمن الا تبـــدد الام الموارد التى تستثمرها فى اجنتها · كما أن تثبيت البويضة المخصبة فى الرحم قد يتأخر فى بعض الثدييات لفترة قد تصل شهورا ، وهذا يسمح بأن تتزاوج الأفراد البالغة فى الفصل الذى تكون فيه أكثر نشاطا ، وبأن تولد الصغار عندما تصبح الظروف البيئية افضل ما تكون بالنسبة لها · ولا يمكن بطبيعة الحـــال أن تتم أى من هاتين الطريقتين الا اذا كان الحيوان ولودا ·

بذا تزدهر الثدييات والطيور فى المناخ الموسمى الحقيقى ، بينما تزدهر الغالبية العظمى من الزواحف فى المناخ غير الموسمى · فاذا كان المناخ قد تغير خلال العصر الطباشيرى، فمن الممكن أن يسمح ذلك للثدييات بأن تحل محل الزواحف ولو كان المناخ قد تغير فجأة ، فان التغير لابد وأن يكون أيضا فجائيا · فهل تحول المناخ بهذه الطريقة ؟

كان المناخ خلال العصر الطباشيرى معتدلا فى العالم كله ، كما انه

ـ وهذا هو المهم ـ كان ثابتا مستقرا • كان المناخ مثاليا بالنسبة للزواحف ، لسبب بسيط هو انها قد تطورت بالتحديد بداخل هذا المناخ • ولو ان المناخ قد بقى دون تغير حتى زماننا هذا ، فلن يكون ثمة سبب لتدهور الزواحف • ربما بقيت الثدييات تحيا فى ظلام الليل • ولو حدث وتطورت بعض الكائنات « الذكية » ـ كائنات مثلا ذات تكنولوجيات متقدمة ـ فسيكون جلدها على الأغلب ذا حراشيف و (ربما) كانت لهـا ذيول طويـلة •

غير ان المناخ كان يتغير فى نهاية الحقب الميزوزوى ، ومن الممكن أن نلحظ بداية التغير فى العصر الطباشيرى • لكن التغير على نهاية هـذا العصر لم يكن قد تقدم كثيرا ـ لم يكن ثمة ثلوج على السطح ـ لكن العالم كان يتجه نحو البرودة • غير ظهور الجبال من انماط دورات الهواء كما حور من المناخات المحلية • تسببت تحركات قشرة الأرض فى رفـع كتل القارات وخفض مستوى ماء البحر • وربما سببت بعض التغيرات فى الشمس نفسها انخفاضا فى كمية الطاقة التى تصل الأرض • قد تكون هذه التغيرات كافية لحدوث بعض الانقراضات المحلية • وهناك أدلـة حفرية تقول ان مثل هذه التغيرات قد نتج عنها بعض الانقراضات ، ولكن ليس من سبب للادعاء بانها كانت اكثر من انقراضات محلية •

استمر تغير المناخ حتى العصر الثالث • ارتفعت مستويات البحـر مرة اخرى بسبب تحركات تالية فى قشرة الأرض • لكن ، برغم ذلك ظلت عملية التبريد بطيئة • وحتى الفترة الأوليجوسينية ـ التى ابتدأت منذ ٣٨ مليون سنة ـ كان المناخ الاستوائى يمتد على جانبى خط الاستواء الى مسافة نحو ٥٠ درجة • ولم يصبح مناخ الأرض موسميا واضحا الا منذ نحو ٢٧ مليون سنة ، ليضمحل الحزام الاستوائى فى اتجاه خط الاستواء • عندئذ بدأت مزايا ثبات حرارة الجسم مع صفة الولادة ، بدأت تظهر أثرها ـ لتتزايد أعداد الثدييات وتتدهور أعداد الزواحف •

لم يكن هذا بالطبع هو السبب فى اختفاء الدينوصورات • لقد اختفت لأن كارثة وقعت أودت بالحيوانات الكبيرة ، وبسرعة عادت الظروف بعد الواقعة الى ما كانت عليه ، لتتكاثر الثدييات فتملأ المواطن الايكولوجية التى فرغتها الزواحف • ثم ان الدينوصورات قد اختفت منذ ٦٥ مليـون سنة لا منذ ٢٧ مليون سنة ، أى قبل ٣٨ مليون سنة من حدوث التغير فى المناخ الذى قد يؤدى الى اختفائها • لو أن هذه الواقعة لم تحدث ، اذن لتوقعنا بالتأكيد أن تتسبب برودة المناخ فى تغيرات تطورية تكيف بها الأنواع نفسها مع الظروف الجـديدة • ولا يمكننا الا ان نفترض بأن الثدييات كانت ستستفيد فى مثل هذه الحالة • ولنا أن نتوقع ظهور أنواع

من الزواحف افضل تكيفا مع الظروف البيئية الجديدة التى تعيش تحتها· أليس الزاحف الثابت الحرارة الولود المتكيف للحياة فى المناخ الموسمى ، ثدييا تحت اسم آخر ؟

ورغم ذلك فهناك نتيجةتطورية مثيرة · ان النجاح العظيم للثدييات قد ابتدأ منذ ٦٥ مليون سنة ، مباشرة بعد الاصطدام · لو أن هــــذا الاصطدام لم يحدث ، فسيكون تغير المناخ (بعد ٣٨ مليون سنة) هـــو اكثر الأسباب احتمالا لأى تغير تطورى كبير · ان الأمر يبدو اذن كما لو كان الأثر البيولوجى الرئيسى الطويل المدى للاصطدام هو التبكير بتغيير كان سيحدث بعد ٣٨مليون سنة · لقد تسبب الاصطدام فى اسراع التطور بهــذا القدر ·

ان العادة أن نفكر فى الكوارث الهائلة فى صورة حجم الخـــراب الذى تسببه وعدد الكائنات الحية الذى تقتله · وهذه بالطبع طريقة ــ قصيرة الأمد ــ للنظر الى الآثار · أما اذا نظرنا الى النتائج البعيـــدة المدى ، فان علينا أن نعترف بأن الآثار لم تكن بهذه الخطورة ــ فلقــد استمرت الحياة ، بل وسنعتبرها مفيدة ، لأننا من جنس الانسان · فهناك من الأسباب ما يجعلنا نعتقد أن هذه الكارثة قد منحتنا الأرض بضـــع عشرات الملايين من السنين ، لم نكن دونها لنتمتع بخيراتها · وهذا لا يعنى أن كل الكوارث العظمى سيكون لها مثل هذا الأثر ، فربما كانت هذه النتيجة مرتبطة بالحوادث التى تقع خلال فترة طويلة من الثبات ، اذ الأرجح أن يكون للكوارث التى تحدث خلال فترة تغير سريع أثر أقل نفعا · وربما كانت هذه الكارثة المعينة قد أسرعت من عملية التطور ، لكن هذا لا يعنى أن نرحب ــ بالنيابة عن انفسنا وبالأصالة عن كوكب الأرض ــ بوقائع أخرى من هذا القبيل · فقد تختلف النتائج تماما · أما فى حالتنا التى ندرسها ، فيبدو أن ثمة أذى كبيرا لم يحدث ·

الفصل العاشر

السماء الثائرة

اننا نعتقد أن كويكبا قد ارتطم بالأرض منذ ٦٥ مليون سنة ، وأن هذا الاصطدام قد قتل بلايين لا تعد ولا تحصى من الكائنات الحية ، وغير من مجرى التطور . وليس أمامنا الا أن نسأل الأسئلة التى تبزغ تلقائيا عن هذا الاكتشاف . هل كانت الواقعة منفردة ؟ هل حدث ما يشبهها مثلا ؟ هل يمكن أن تحدث مستقبلا ؟

ان القمر هو المكان الذى سنبدأ فيه البحث عن الاجابات . وعندما نفحص تابعنا هذا علينا أن نقارن نتائجنا بما نعرفه من الشواهد عن جيراننا فى النظام الشمسى : المريخ والزهرة وعطارد .

ان أول ما نلحظه هو أن سطح القمر ملىء بالحفر . ولقد ظل أصل هذه الحفر غير مؤكد لفترة طويلة . كان المعتقد أنها نشأت عن أجسام تصطدم بالسطح ، أو أنها ناتجة عن البراكين ، ولكن معظمها ناتج عن اصطدامات .

تكاد هذه الحفر جميعا تكون دائرية . وهذا شىء غريب . فلقد رأينا أن احتمال أن تكون زاوية اصطدام الجسم الساقط بسطح الجسم الآخر زاوية قائمة بالضبط هو أمر مستبعد للغاية ، وأن احتمال أن يحدث ذلك مع كل الأجسام المصطدمة هو احتمال مرفوض تماما . فاذا ما كان الاصطدام يتم بزاوية ضحلة ، فان ذلك سيسبب حفرة لها شكل بيضاوى تقريبا . أما الحفر الدائرية فالأرجح أن تنشأ عن البراكين . لكن اللغز قد حل ، وللحل علاقة بقصتنا .

عندما يصطدم نيزك يزن عدة أطنان بسطح الأرض أو القمر بسرعة تحسب بالكيلو مترات فى الثانية ، فانه ينقل قوة دفعه الهائلة الى صخور السطح . تضغط هذه فى أول الأمر وتدفع الى أسفل . لكن الضغط المتزايد من الصخور السفلية سريعا ما يقاوم قوة الاصطدام ويوقف الحركة

الى أسفل · هنا تكون معظم طاقة الاصطدام محصورة فى منطقة صغيرة من الصخر الساخن المضغوط ، فتتمدد الى الخارج مع اتجاه القطر ، وتدفع بصخور السطح جانبا لتكون حفرة دائرية مضبوطة · وفى الوقت الذى يبدأ فيه التدفق الى الخارج تكون حركة النيزك الى أســـفل قد توقفت ·

عندما يحدث الانضغاط الرهيب فى أول الأمر ، ويبطىء الاصطدام من سرعة النيزك ، يتولد من الحرارة مايكفى لتحويل النيزك الى بلازما غازية · وعندما تتمدد هذه لتشكل الحفرة ، فلن يتبقى من المادة الأصلية التى سقطت من السماء أية آثار صلبة ، لا على قاع الحفرة ولا تحته · تتشتت هذه كغبار تحمله الرياح بعيدا ·

يبطىء الغلاف الجوى للأرض كثيرا من سرعة النيازك الصغيرة ـ تماما كما يحدث مع مركبات عودة رجال الفضاء ـ بحيث تهبط بهـدوء نسبى ، فتبقى كما هى سليمة · أما الأجسام الضخمة او الكويكبية فانها تفقد فى الهواء نسبة جد صغيرة من طاقتها الحركية الكلية ، بحيث يصبح اثر وجود الغلاف الجوى على قوة الاصطدام مع السطح اثرا تافها ·

اصطدم بالقمر اذن خـــلال تاريخه الكثير من الأجســـام الصلبة الضخمة التى تتحرك بسرعة · عندما أرسلت مركبة الفضاء غير المأهولة بأول الصور القريبة لسطح عطارد ، اتضح انه سطح ملىء بالحفر · ومعلوماتنا عن سطح الزهرة اقل تفصيلا ، لكن سطح المريخ هو الآخر ملىء بالحفر ، الشىء الذى يدفعنا للفرض بأن كوكب الزهرة لابد وأن يكون قد تعرض هو الآخر لنفس الشىء · والحقيقة أن الأجرام بالمنطقة الداخلية من النظام الشمسى ـ عطارد والزهرة والقمر والمريخ ـ كلهـا قد تعرض للاصطدام مرات ومرات لا تعد ولا تحصى · فلماذا اذن نفترض ان تتميز الأرض عنها جميعا ؟ لماذا تصطدم الأجسام بالقمر ولا تصطدم بالأرض ، وهى القريبة جدا منه والأكبر حجما ؟

لا يوجد غير اجابة واحدة · ان الأرض ليست مميزة خاصة · لقد اصطدم بها الكثير من مثل هذه الكويكبات · أما أن سطحها لا يحفظ الا القليل من الحفر ، فهذا يرجع الى كونها نشطة تكتونيكيا ، ولأن وفرة مياهها تسبب التجوية وستتآكل مع الزمان سلاسل بأكملها من الجبـال بسبب جو الأرض · من المستبعد اذن أن تبقى مثل هذه الحفر على سطح الأرض فترة طويلة ، فسطح الأرض لا يحفظ مثل هذه الآثار جيدا · وقد يكون سطح كوكب الزهرة كسطح الأرض من هذه الوجهة ـ فالحفر عليهما ليست بالكثيرة · ولن يكون سبب التعرية فيه هو الماء ، وانما الغلاف

الجوى الذى يصل من الكثافة حدا يمكن فيه اعتباره محيطا هائلا من ثانى اكسيد الكربون · اما أسطح الكواكب القريبة فتحفظ الحفر جيدا ·

هذا يجيب على السؤالين الأول والثانى · لم يكن اصطدام الكويكب الذى وصفناه واقعة منفردة · فلقد حدثت قبلا مثل هذه الاصطدامات كثيرا ولا شك · لقد حدثت هذه الواقعة منذ ٦٥ مليون سنة مضت ، وهذا يبدو زمنا طويلا · فهل يعنى ذلك أن هذا الاصطدام الأخير كان النهائى، وأن السماء لا تحوى أية أجسام ضخمة يمكنها أن تمطرنا بها ؟ ان اجابة هذا السؤال ـ يا للأسف ـ لابد وأن تكون « كلا » ·

حياتنا قصيرة ، ونحن نقيس الزمن بها · فليس ثمة فارق كبير بين الأبد وبين بضعة ملايين من السنين · ان مثل هذه الأرقام الضخمة أبعد من خبراتنا · يلزمنا أن نفكر فى الحوادث داخل النظام الشمسى فى صورة ما يمكن أن نسميه « الزمن الشمسى » لا « الزمن البشرى » · قد تمتد حياة الانسان ـ ونادرا ـ الى مائة عام ، اما فترة حياة النظام الشمسى فتمتد آلاف الملايين من السنين · ولقد وجد هذا النظام بالفعل منذ نحو ٥ بليون سنة · دعنا نربط الاثنين بتحويل الزمن الشمسى الى زمن بشرى · لكى نفعل هذا علينا ان نفترض طولا لحياة الشمس ثم نقدر عمرها · دعنا نفترض انها فى خريف العمر ؛ ان هذا يعادل خمسين عاما من عمر الانسان· معنى هذا أن خمسين عاما من عمر الانسان تعادل خمسة بلايين سنة فى عمر النظام الشمسى · وبذا فان ٦٥ مليون سنة من عمر النظام الشمسى لا تعادل سوى أقل من ثمانية اشهر من عمر الانسان · وعلى هذا فان الواقعة التى حدثت منذ ثمانية اشهر والتى نعرف انها تتكرر كثيرا هى واقعة دورية · أما أن نتصور أن الواقعة قد حدثت منذ زمان طويل فهو مجرد وهم ·

ما مدى تكرر مثل هذه الاصطدامات ؟ أمكن تقدير هذا على أساس أن الأرض تتلقى مثل هذه الاصطدامات بنفس معدل تلقى القمر وغيره من الكواكب الداخلية ، ولأنه من الممكن عند فحص الحفر بدقة أن نحدد عمرها عن طريق طبقات الصخور حولها · كانت الصورة التى بزغت عن ذلك تشير الى أن الاصطدامات كانت كثيرة جدا فى التاريخ المبكر للنظام الشمسى ، ثم تناقص تكررها بحدة منذ نحو ٣ ـ ٣ر٥ بليون سنة الى مستوى بقى ثابتا من ذاك الحين · وعلى هذا فاننا نتوقع أن يكون الكثير من الحفر التى نراها على الكواكب الأخرى ممعنا فى القدم ـ وان كانت الحفر القديمة قمينة بأن تغشاها حفر أحدث · وقد قدر نابير وكلوب ـ من المرصد الملكى بادنبره ـ أن الأرض يصطدم بها كويكب قطره نحو ٩ر٣ كم كل ٩ر٢ مليون سنة (وقد حسب القطر من حجم الحفر) وكويكب

سنة ، وكويكب قطره ٨ر٣٠ كم كل ٣٦٠ مليون سنة · ومعنى هذا واضح· اننا نتوقع أن الاصطدام القادم لجسم له حجم الكويكب الذى تسبب فى الانقراضات الطباشيرية على وشك الحدوث ! ثمة عزاء — أن يكن محدودا — للمصبيين منا : لقد قام علماء آخرون بحسابات أخرى وتوصل بعضهم الى ان تكرر الاصطدام بأجسام قطرها ١٠ — ١١ كم يبلغ نحو مرة كل ١٠٠ مليون سـنة ·

توصلنا الى اجابات على الأسئلة الثلاثة التى بدانا بها هذا الفصل· لقد حدثت اصطدمات هائلة بالأرض ، والحق أنها وقائع عادية جدا ، وستحدث مثل هذه الاصطدامات فى المستقبل · أما حقيقة أنها تحدث بمعدل يمكن حسابه فتقودنا الى تأمل جديد · فاذا كانت واقعة من هذا القبيـل قد أنهت العصر الطباشيرى ، فهل حدثت اصطدامات أخرى نهاية عصـور جيولوجية أخرى ؟ ان هذا احتمال قائم ، ولقد اقترحه بعض العلماء فى بعض الحالات على الأقل · لقد وجد نابير وكلوب شواهد على اصطدامات يرجع تاريخها بالتقريب الى بداية العصر البلستوسينى (منذ مليون سنة) والبليوسينى (منذ ١٣ مليون سنة) والميوسينى (منذ ٢٥ مليون سنة) والأوليجوسينى (منذ ٣٦ مليون سنة) ، والأيوسينى (منذ ٥٨ مليـون سنة) والجوراوى (منذ ١٨١ مليون سنة) ، والترياسى (منذ ٢٣٠ مليون سنة) والكربونى (منذ ٣٤٥ مليون سنة) ، وان كان التقديران الأخيران غير دقيقين لصعوبات فى تقدير العمر · وهما يظنان أن واقعة شبيهة قد حدثت تتعلق بالعصر البرمى (منذ ٢٨٠ مليون سنة) وبداية العصـر الديفونى (منذ ٤٠٥ مليون سنة) وكذا بداية العصر الطباشيرى ونهايته·

ربما واجهتك الآن صـعوبة · فاذا ما كان تاريخنـا مرصـعا بالاصطدامات الهائلة مع الكويكبات ، فلماذا لم يستنفد النظام الشمسى ما فى جعبته من كويكبات مناسبة ؟ فمثل هذا الجسم لا يستطيع أن يصطدم بالكوكب أكثر من مرة ، ومعنى هذا أن جسما يفقد مع كل ارتطام · ورغم ذلك فان معدل الاصطدامات يمكن حسابه ، وهو معدل يكاد يكون ثابتا · وعلى اية حال فليس ثمة من دليل على تناقضه ·

ان هذه صعوبة حقيقية ، ولقد ذكرها الكثيرون ممن أعملوا فكرهم فى الموضوع · ولم يستطع أحد أن يجد الاجابة · وان كان ثمة بضـع نظريات · علينا أولا أن نحاول تبرير الانخفـاض الحـاد فى معـدل الاصطدامات منذ ٥ر٣ بليون سنة ·

من المعتقد أن النظام الشمسى قد تكثف عن سديم غازى وحطام صلب · ما تزال قضية الآلية الحقيقية التى تكونت بها الكواكب موضع

جدل ، لكن ، من بين النظريات الأكثر قبولا هناك نظرية التجميع عن طريق الاصطدام المتسلسل للكويكبات · وتبعا لهذه النظـــرية تلتحم الأجسـام المتصادمة مع بعضها ، وكلما ازداد حجم الكتلة الناتجة كلما اضافت الصخور الأصغر التى تصطدم بها كتلتها ، تماما كما تفعل النيازك الآن· وما أن توطدت عائلة الكواكب الحـــالية حتى بدأت الكويكبات الباقية تستنزف بالتدريج الى أن توقف انهمارها · ولقد حدثت هذه النهـاية السلمية ـ التى تهدد تجمع النظام الشمسى ـ منذ ٥ر٣ بليون عام ·

تناقص معدل الاصطدامات ، ولكن لماذا لم يستمر تناقصه حتى الصفر ؟ فاذا ما كان كل كوكب جديد سيقتنص ما يجده متاحا من المادة، فلا بد أن تكون الكتل المتبقية آمنة تدور فى أفلاك لها لا تأخذها قرب كوكب تصطدم به · ويلزم أن نوافق على أن بعض هذه الأفلاك كان واسعا جدا، وبذا تكون فترة الأجسام كبيرة (نقصد الوقت الذى ينقضى ما بين المرور بنقطة فى النظام الشمسى والعودة اليها) ، وبالرغم من ذلك فالمفروض أن تكون قد اختفت من زمان طويل · ربما كان الحطام النموذجى البـــاقى منذ نشأة النظام الشمسى هو الموجود فى الحزام النجيمى ، حيث منع أن يتكون هنـــاك كوكب ـ هكذا يتصور بعض الفلكيين ـ بسبب القـــوى المغنطيسية لكوكب عطارد التى تمزق الكتل اذا ما التحمت ووصلت الى حجم معين · غير أن النجيمات لها أفلاك معروفة ويصعب أن نتخيل كيف تحيد عنها لتتجه الينا أو الى أى كوكب آخر ·

ربما كان هناك بعض من المادة ـ ما يزال ـ باقيا منذ نشأة النظـام الشمسى ، وربما كانت الكواكب ـ ومنها الأرض ـ ما تزال تجمعها · أن تجميع الجسيمات الصغيرة فى كتل أكبر كان أمرا أكثر احتمالا عنـدما كانت سحابة المادة كثيفة نسبيا · ثم حدث أن تجمع معظمها ليكون الشمس والكواكب ـ والشمس وحدها تشكل أكثر من ٩٩٪ من الكتلة الكلية للنظام الشمسى ـ وظل الباقى منتشرا لدرجة لم تعد تسمح بالتحامه فى صورة أجرام كبيرة · قد يتساقط البعض من هذه البقايا مع مطر الجسيمات الذى ما نفتأ نشاهده كنيازك أو شهب · وتجمع الأرض سنويا ما يصل الى ١٠٠٠ طن منها · وهناك أيضا المذنبات التى قد تكون ـ أو لا تكون ـ ناشئة من داخل النظام الشمسى ، وكذا أجسام أبوللو التى قد تكون فى الأصل مذنبات ـ وقد لا تكون · لم يتبق ـ لحد علمنا ـ من المادة بعد نشأة النظام الشمسى ما يعلل الاصطدامات الضخمة على المستوى الذى فحصه نابير وكلوب ·

ان الوضع يبدو كما لو كانت المادة تستطيع أن تدخل النظام الشمسى من خارجه • فاذا كان هذا صحيحا فسيغدو أمرا مثيرا ، لأن هذا يعنى أننا قد نستطيع أن نفحص موادا لم تنشأ داخل النظام الشمسى ، وبـذا نتمكن من معرفة الكثير عن مناطق أخرى من مجرتنا •

كان أول اقتراح لمنشأ من خارج النظام الشمسى هو الاقتراح الذى قدمه سنة ١٩٥٠ الفلكى الهولندى البارز جان هندريك أورت • ولقـد تطور هذا الاقتراح عن افكار قديمة حاول بها الفلكيون تفسير بعض الشذوذ فى نظريات نشأة النظام الشمسى • كانت هذه تختص أساسا بالسرعات وبالعزوم الزاوية للكواكب (الكتلة × السرعة) • فاذا ما كانت الكواكب قد نشأت حول حافة الكتلة التى أصبحت الشمس ، فكيف تتحرك بسرعة أكبر من معدل دوران الشمس ؟ فعطارد مثلا يتحرك بسرعة تبلغ ٣٠ ضعف العزم الزاوى المفروض لو كانت هذه هى القصة الكاملة لنشأة النظام الشمسى ، أما نبتون فيتحرك بسرعة تبلغ ٨٠ ضعفا • ولو أن نجما مارا عجل من سرعة الكواكب لتصل الى مداها الحالى ، فلماذا لم تفلت الكواكب كلية من الشمس ؟ وجد هذا الاشكال حله عندما اعتبرت الشمس العضو الباقى من نظام ثنائى كان موجودا يوما ما • ونظم الانجم الثنائية شائعة جدا فى مجرتنا حتى ليمكن اعتبارها القاعدة لا الاستثناء • ولو أن آلية ما حطمت النجم رفيق الشمس ـ مثلا اصطدامه بنجم آخر ـ وان كان ثمة نظريات أخرى فى هذا الشأن ـ اذن لأمكننا تعليل سلوك الكواكب •

ماذا حدث لمادة هذا الكوكب الرفيق ؟ اقترح أورت أنها ـ أو بعضا منها ـ قد بقى ليكون سحابة من الأجسام الصغيرة تلف على محورها وتدور حول الشمس ، ولكنها ظلت غير مرئية فيما وراء فلك الكوكب بلوتو • وقد حاج بأن هذه السحابة ـ التى تسمى الآن سحابة أورت ـ هى مصدر المذنبات وكل الكويكبات التى تتحرك فى افـلاك تختلف تمـاما عن افلاك الكواكب والنجيمات •

لابد أن تتكون سحابة أورت بالتحـديد من نفس مادة النظـام الشمسى فهى جزء منه ، وبذا فان الأجسام التى تدخل وتصل الى مركز النظام الشمسى لا يجب أن تعتبر دخيلة عليه • غير أن هناك نظرية أخرى بديلة ربما كانت لا تتفق مع وجود سحابة أورت •

يبدو أن الأرض تتعرض لحوادث اصطدام هائلة على فترات لا يمكن تقديرها ، لكن هذا لا يعنى أن هذه تحدث كوقائع فردية متفردة • انها « تتجمع » ـ نعنى أن الاصطدام الكبير عادة ما تصاحبه اصطدامات عديدة صغيرة فى نفس الوقت ـ أى تتلوه بعد بضع عشرات الآلاف من السنين أو على الأكثر بعد مليون سنة أو مليونين • وهذا يثير احتمال مقـابلة

النظام الشمسى من آن لآخر لسحابات من مادة تتكون من جسـيمات تتباين حجما ما بين الدقائقية وبين الكويكبية • وعلى هذا فان البعض من هذه الجسيمات قد يدخل النظام الشمسى ، وقد يصطدم البعض بالأجرام داخل هذا النظـام •

نعرف أن الكواكب تدور حول الشمس : هذا أمر تسهل ملاحظته • ونعرف أيضا أن الكواكب والشمس كلها تدور حول محاورها • وهـذا أيضا أمر بدهى بالنسبة للأرض ، ولا تصعب ملاحظته بالنسبة لبقية الكواكب • انما قد يصعب ادراك أن يكون النظام الشمسى باكمله مشتركا فى تحرك على مستوى أعظـم •

فمجرتنا ــ التى تتكون من مركز كثيف نسبيا يشبه القرص ، له أذرع تتحلزن عنه ــ مجرتنا هذه تدور حول محور لها ، ونظامنا الشمسى يتحرك بالطبع معها ، فهو جزء منها • وهذه الحركة حركة معقدة فالمجرة ليست جسما صلبا واحدا ، واجزاؤها المختلفة تتحرك بسرعات مختلفة • غير اننا نستطيع بالحساب أن نقول ان النظام الشمسى منذ نشاته قد قـام بنحو خمس وعشرين دورة كاملة حول مركز المجرة ــ نعنى أن عمره يبلغ خمسا وعشرين سنة مجرية • وبالاضافة الى ذلك فان للشمس ــ مثلها مثل بقية الأنجم ــ تحركات غير منتظمة تحملها الى مناطق مختلفة من المجرة• وهذا أمر يصعب تفهمه ، لكن قد يساعدنا فى ذلك القياس الذى عرضـه ١•س• شكلوفسكياى وكارل ساجان • طلبا من قرائهما أن يتصوروا المجرة كسحابة غازية ، النجوم فيها جزيئات • وأول ما يجب الانتباه اليه هو أن السحابة نقية حقا ، لكن الجزيئات بها ليست موزعة بالتسـاوى ، فالسحابة اكثف فى بعض المواضع عنها فى البعض الآخر • تدور السحابة باكملها ، وبذا فجزيئاتها تشترك فى الدوران • لكن هذه الجـزيئات تتجول استجابة للقوى الموضعية ــ شأنها شأن الجزيئات الحقيقية فى أى سحابة غاز طبيعية •

ثمة حركة مماثلة تحمل الشمس خلال الأذرع اللولبية للمجرة ، ونحن نعبر ذراعا من هذه كل بضع عشرات من ملايين السنين • فاذا كانت هـذه الأذرع اللولبية تضم كويكبات ، فمن الجائز أن تتسبب حـركة الشمس خلالها من حجز بعض منها ليشكل سحابة أورت • ومثل هذه السـحابة لن تبقى طويلا (بالزمن المجرى) ، ذلك أن حركتها ، بجانب القـوى الجاذبية للشمس ، ستسبب تشتتها ، اذ سيطوح ببعض الأجرام بعيدا ، كما ستدفع بعض الأجرام الأخرى نحو الشمس نفسها ــ الى داخل النظام الشمسى ــ حيث يفقد بعضها بالاصطدام بالكواكب • اقترح نابير وكلوب

ـ اللذان يعضدان هذه النظرية ـ أن هذه الطـــريقة قد أسر بها معظـــم المذنبات ، والكويكبات من خارج الحزام النجمى ، والكثير من النجيمات. ان بقاء هذه الأجسام داخل النظام الشمسى انما هو أمر مؤقت . فستضيع فى نهاية الأمر ، اما بالاصطدام بالكواكب ، أو بتحركها خارج النظـــام تمـــاما .

لكن هذه النظرية تواجه صعوبات يعترف بها نابير وكلوب . فليس من السهل عليها أن تعلل كيف تكون بالأذرع اللولبية للمجرة هـــذا العدد الكبير من الأجسام الكبيرة ، عن طريق الالتحام ، وذلك فى الزمن المتاح، والذى يقدر من عمر المجرة بأكملها . ورغم ذلك فان تكوين هذه الأجسام ليس مستحيلا ، والنظرية فى الواقع مقنعة .

اذا كان ما نلاقيه خلال المجرة هو من المادة غير النجمية ، فكيف ينسجم هذا مع قولنا بأنه لما كان تحليل النيازك مطابقا لمادة النظـــام الشمسى فانها لابد وقد نشأت داخل النظام الشمسى ؟

نعلم أن مادة الكون الأساسية هى الأيدروجين ، وأن كل العنـــاصر الأثقل مصنوعة منه . ونعلم أيضا كيف تتكون داخل النجوم ، كما نعلم ان العناصر الأثقل من الحديد لابد وأن تتشكل فى ظروف لا توفرها الا السوبرنوفا . ولدينا نظريات تفسر تشكيل نظامنا الشمسى ، الذى نعرف تركيبه . وليس من المعقول أن يكون نظامنا الشمسى نظاما متفردا ، لا ولا أن تكون هكذا حتى منطقتنا من المجرة . ان القوانين التى تحكم تكوين العناصر وتكوين النجوم لابد وأن تكون عامة ، على الأقل داخل مجرتنا. وعلى هذا فان ما نعثر عليه من مواد داخل مجرتنا سيكون من عنـــاصر مشابهة لما نجده فى نظامنا ، لأن تشكيلها وتنظيمها لابد وأن يكون ناتجا عن عمليات مطابقة لما حدث بمجرتنا . أما فكرة أن تتشكل الكويكبات عن التحام الغبار داخل الأذرع اللولبية للمجـــرة فهى فكرة تســـتقيم مـــع النظرية ، وهى تستقيم أيضا مع ما نلاحظه من نقص الكربون والنتروجين والأوكسيجين فى الغبار بين النجوم ، ومن وجود « الكريات الباردة » التى ينبعث منها أول أكسيد الكربون والتى قد ترتبط بتكوين الكويكبات . ويبدو أن هذه الكريات هى التجمعات الملتحمة للغبار التى قد تكون فى سبيلها الى التكون أو التشظى ، بنفس الطريقة تقريبا التى تنشأ بها النجـــوم فى المراحل الأولى . أما حقيقة ملاحظة هذه الكريات وهى تقذف بأول أكسيد الكربون ـ الذى يمكن رصده ـ فقد قادت نابير وكلوب لاستنباط وجودها فى بعض أجزاء السحابة التى تطلق أول أكسيد الكربون والتى لا يلحظ بها أجســـام صلبة .

قد يكون توزيع نظائر العناصر نمطيا للافران النجمية ـ او السوبر نوفا ـ التى تكونت بها ، ولكن ليس هناك سبب حقيقى للفرض بهـذا ٠ ولن نستطيع الفرض بأن النجوم التى تتكون بها العناصر الثقيلة تضـع بصمتها فوق هذه العناصر حتى نكتشف عينات من العناصر تختلف عن بعضها اختلافا واضحا فى التركيب النظائرى ٠

ونحن أولا وأخيرا لا نعرف ما اذا كان كويكب العصر الطباشيرى قد نشأ داخل النظام الشمسى أم أنه قد اقتنص من خارجه ، لكن احتمال دخول الكويكبات الى النظام الشمسى من آن لآخر احتمال قائم وقوى ٠ أما ما نعرفه فهو أن ثمة اصطدامات بالكويكبات قد حدثت مرات عديدة فى الماضى، وأن معدلات الاصطدامات خلال الثلاثة بلايين سنة الماضية (أو الثلاثة بلايين ونصف) قد بقيت ثابتة ، وأنه اذا ما كان ثمة رصيد ثابت منها فانه بعد لم يستنفذ٠ ويوما ما، قريبا لا بعيدا ـ بالنظر الى ما نعرفه عن متوسط حدوث هذه الاصطدامات ـ سيرتطم بأرضنا كويكب آخر !

ماذا سنفعل حياله ؟ نظريا ، أمامنا خياران : الوقاية أو العلاج ٠

الواقع أن طريق « العلاج » لن يكون عمليا ٠ انه يعنى اقرارنا بألا مناص من وقوع الكارثة ، وأنه ليس أمامنا الا أن نحاول النجاة منها ٠ ولن ننجو منها جميعا ـ بالطبع ٠ ستتحطم كل الحياة فى منطقة الاصطدام نفسه ، أما فى المناطق الأبعد فالبقاء ممكن اذا كنا قد اتخذنا احتياطاتنا مقدما ٠ والواضح أن هذا يتطلب اقامة مخابىء للوقاية ، يلزم أن تكون قادرة على ترشيح الهواء وتنقيته ، كما يلزم أن تتحمل الحرارة العـالية والهزة العنيفة ، بينما توفر فى نفس الوقت الظروف الصالحة للحياة ، بل وقد يلزم أيضا أن تتحمل الغمر الكامل تحت الماء ٠ أما من سيحتمون داخلها فسيضطرون للبقاء بضعة أسابيع ، وبذا يلزم أن يكون معهـــم ما يكفى من الغذاء والماء ٠ وهذه الحاجات ـ من ناحية المبدأ ـ لا تشكل صعوبات تقنية كبيرة ، ففى مقدورنا أن نقيم مبان بهذه المواصفات ٠

علينا أن نسلم باحتمال أن يواجه الناس عند خروجهم من مخبئهم بأن كل الحيوانات الكبيرة قد قتلت لسبب أو لآخر ، ومثلها أيضا معظـم النباتات ٠ قد تصبح التربة أيضا حامضية جدا والماء ملوثا ٠ يمكننا أن نسلم بهذا ٠ فاذا ما كان مخزون الغذاء يكفى سنتين على الأقل ، واذا كنا قد حمينا معنا نوية للتربية من حيوانات المزرعة ، فمن الممكن أن نستعيد تربية الحيوانات ثانية ٠ واذا ما كنا قد أخذنا معنا بذور محاصيل الحقل وغيرها من النباتات التى تنمو طبيعيا فى المنطقة القريبة ، فمن الممكن أن يعوض الغطاء الأخضر ٠ واذا كنا قد حفظنا قدرا كبيرا من الجير ، فمن

الممكن اصلاح حموضة التربة • واذا كنا قد خصصنا بعض المخابىء للنباتات التى تطهر الماء فمن الممكن أن نوفر بسرعة ما يكفى من الماء الصالح للشرب • يمكن القيام بهذا ، كل هذا ، ولكن هل هذا أمر عملى ؟

فاولا ، سننقذ •• من ؟ فاما أن نجد مكانا بالملجأ لكل البشر ، واما أن نواجه قرارات أخلاقية صعبة • ستكون الاستجابة السياسية على الأرجح ــ والتى ربما كانت الأفضل ــ هو الا نتخذ قرارا على الاطلاق • ستكون تكاليف انشاء المخابىء هائلة ، ولابد أن تدفعها مجتمعات فشلت حتى الآن فى تهيئة ما يكفى من الغذاء والمسكن لملايين البشر تحت الظروف الطبيعية • اما حجم هذه التكاليف فلابد ان يقدر حسب قدر الخطر الذى سيتعرض له البشر وهذا يتطلب منا ليس فقط أن نقدر مدى أثر الاصطدام، وانما أيضا احتمال وقوعه • اننا نستطيع أن نقول ببعض الثقة انه من المحتمل جدا أن يقع مثل هذا الاصطدام خلال الخمسين مليون سنة القادمة ولكن يصعب أن نجد محاسبا يتأثر بهذا ! انه يريد أن يعرف الاحتمال خلال العشرة أو الخمسة أعوام القادمة • فاذا كان ثمة اصطدام ضخم يحدث كل مائة مليون عام ، فان احتمال وقوعه فى فترة تبلغ عشر سنوات هو واحد على عشرة ملايين • والاحتمال بالطبع صحيح بالنسبة لأى فترة من عشر سنوات ، بما فيها الأعوام العشرة التى ستحدث فيها الواقعة •• ولكن هذا لن يساعدنا كثيرا فى تحديد العقد المميت !

لنا اذن أن نفترض أن لا استعدادات ستجرى لننجو من الواقعة • فهل يمكن منعها ؟

هذا أمر عملى تماما مقارنة بالسابق ، بالرغم مما قد يبدو فى هذه الجملة من غرابة • والحق أن فيلما من الخيال العلمى اسمه «النيزك» (ظهر سنة ١٩٧٩) قد افترض هذه الواقعة بالتحديد ، وانْ كان كويكبه قد جاء من الحزام النجمى • ان بالنظرية من الحصافة ما يكفى • فاذا ما أمكن رصد الجرم وهو ما يزال بعيدا عن الأرض ، فمن المفروض أن نتمكن من اطلاق صواريخ تصمم لتنفجر على مقربة منه ــ وليس بالضرورة على سطحه ــ بحيث تحرفه عن مساره • قد تبدو هذه المهمة صعبة للغاية، ولكنها قد لا تكون كذلك • فهذه الصواريخ ستوجه نحو هدفها ، وليس من الضرورى أن تصيبه اصابة مباشرة ، اذ يكفى أن تنفجر بجواره وتفرغ طاقة كافية ، فينحرف الجسم ، ولا يهمنا كثيرا أى اتجاه سيسلكه ، لأن أى انحراف سيأخذه بعيدا عن أرضنا •

كم يكفى من الطاقة كى نحرفه عن مساره ؟ ان هذا يتوقف على قدر الانحراف المطلوب ، وهذا بدوره يتوقف على بعد الجسم عن الأرض عندما

ينحرف · لو تذكرت مشكلة اطلاق قذيفة على القمر ، فستذكر أن الزاوية ما بين أحد طرفى الهدف والآخر كانت صغيرة جدا · تصور الآن انك ستوجه قذيفتك نحو المريخ لا القمر · والمريخ جسم اكبر بكثير ، ولكنه يبدو لنا مجرد نقطة من الضوء فى السماء لا تختلف كثيرا عن النجوم بسبب انه يبعد كثيرا عنا · والزاوية بين حافتيه هى مجرد كسر صغير جدا من الدرجة · وتتناقص الزاوية كلما ازداد بعدنا عن الهدف · فاذا ما تمكنـا من أن نرصد الكويكب وهو ما يزال يبعد عنا بضعة ملايين من الكيلومترت، واذا أمكننا أن نحسب مساره وتأكدنا من أنه سيصطدم بنا ، واذا كان لدينا من الصـــواريخ التى يمكن اطلاقهــا ثم توجيهها من الأرض (لاحظ أن الصواريخ الحربية البعيدة المدى مبرمجة مسبقا ولا يمكن اعادة توجيهها بعد اطلاقها) بحيث يمكن أن تعترض الكويكب وهو ما يزال بعيدا عنـا بملايين الكيلو مترات وعندئذ سيكفى من الطاقة بضع عشرات الملايين من الأطنـــان ·

هل سيكون من العملى أن ننشىء نظاما دفاعيا كهذا ؟ مرة أخرى علينا أن نزن المخاطرة وثمن تفاديها · ان احتمال حدوث الاصطدام هـذا العام لا يختلف عن احتمال حدوثه العام القادم ، ولكن ربما كان علينا ان نولى اهتمامنا الى نتائج مثل هذا الاصطدام ، لأن تكاليف النظام الدفاعى ستكون صغيرة جدا · فهو لا يستدعى الا قدرا متواضعا من الصواريخ والرؤوس الحربية ــ الموجودة بالفعل بكميات وافرة ــ ومن الممكن أن تجنب كل قوة من القوى العظمى عددا منها لهذا الغرض يتفق عليه دون أن يؤثر ذلك فى قدرتها الحربية · وهناك بالفعل خطط لتشييد مراصد تدور ، فاذا لم يكن المسح الروتينى للنظام الشمسى من بين المهام التى صممت من أجلها ــ وهذا يكاد يكون مؤكدا ــ فلن يكلفنا الكثير أن نضيف مثل هذه المهمة والمعدات اللازمة لها · قد لا تتواجد نظم توجيه الصواريخ منفصلة ، لكن المنظمات التى استطاعت أن تنزل بسلام عربات صغيرة على سطح المريخ والزهرة لن يصعب عليها اقامتها · فصناعتها ممكنة ، بل وواجبة · وستكون تكاليفها بسيطة ، فنتائج اصطدام كبير أمر يفوق كل تصوراتنا ·

ربما كان فى هذا درس لن يفضل منا العودة الى طريق بسيط للحياة، طريق أقل اعتمادا على التكنولوجيات المتطورة كوسيلة لبقاء الانسان ·

اننا نستطيع أن نتفادى وقوع كارثة على مستوى الكرة الأرضية اذا ما كرسنا اكثر التكنولوجيات تقدما لحل المشكلة. فاذا كان الخطر حقيقيا ، وهو حقيقى ، فان بقــاء الانسان - بل وربما بقاء معظم اشكال الحيــاة على هذا الكوكب - لا يمكن ان تؤمنه غير التكنولوجيات الرفيعة . اننــا لا نقول ان الحياة نفسها ستنطفىء تماما فوق هذا الكوكب ، ولكنا نقــول ان اتجاه التطور فى المستقبل قد يتغير . ربما استفاد اسلافنا من مثل هذا التغير فى الماضى ، فهل سنستفيد نحن ايضا ؟ هل نحن متأكدون من أنه لا توجد مجموعة صغيرة تافهة من الحيوانات تنتظر رحيلنا كى تتطور ؟ هل سنلعب نحن دور الدينوصورات فى المرة القادمة ؟

وقبل أن نترك الكويكب ربما حاولنا أن نعرف شيئا اكثر عن خبرة الأرض به وبأمثاله . ما حجم هذا التهديد مقارنة بغيره من التهديدات التى نسمع عنها اكثر ؟

الفصل الحادى عشر

البقـــــاء

ناقشنا فى هذا الكتاب فاجعة واحدة • ولقد تعودنا منذ الستينات على تنبؤات بوقائع فاجعة ـ من هندسة البشر انفسهم ـ ستقع فى المستقبل •• لماذا اذن نطلب منك أن تقبل ـ كحقيقة ـ واقعة تبدو حسب الظواهر اقل احتمالا وأبعد كثيرا فى الزمن ؟

ربما كان علينا ـ بادىء ذى بدء ـ أن نناقش افظع الوقائع التى يمكننا تصورها : الحرب النووية الشاملة • ويقولون ان هذه الحرب تعنى القضاء على جنس البشر ، وربما كان فيها نهاية الحياة على الأرض • سيحترق بها كوكبنا ويتحول الى رماد •

حسبت ـ كما نتوقع ـ نتائج مثل هـــذه الحـــــرب • والواقع أن المجموعة التى قامت بهذه الحسابات قد عملت تحت رعاية اكاديمية العلوم الأمريكية • افترضت المجموعة حـــربا شاملة بين حلف شمال الأطلنطى (ناتو) وحلف وارسو ، استعملت فيها كل الأسلحة المتاحة • ســـيعم الخراب أراضى الدول المتحاربة ، وسيقتل فيها الملايين من البشر • أما خارج نطاق هذه الدول ـ لا سيما فى نصف الكرة الجنوبى ـ فلن يكون الأثر الا ضئيلا (وهذه الحرب على أية حال ستقتصر على نصف الكرة الشمالى، ولن تشمل الكرة الأرضية باكملها) ، أما السبب فى اقتصارها على نصف الكرة الشمالى فيرجع أساسا الى القدر المحدود جدا لتبادل الهواء عبـر خط الاستواء • وفى خلال ثلاثين سنة من هذه الحرب ستعود ثانية كـل النظم البيئية الطبيعية التى تاثرت ، ولن تحفظ الأرض جروحا تترك ندوبا دائمة • ستهز الحرب الجنس البشرى ، لكن ليس ثمة احتمال لانقراض الانسان ، ناهيك عن انقراض الحياة نفسها •

هذه هى النتيجة التى نتوقعها من المعلومات التى نعرفها • نعـــلم أن موت البشر بعد استعمال القنبلتين الذريتين على اليابان عام ١٩٤٥ قد

نتج عن الحرارة ، عن الانفجار العنيف ، عن الاشعاع (أساسا الاشعاع الذى انبعث مع وهج الانفجار) وعن تلوث الجروح التى لم يمكن معالجتها لنقص الخدمات الطبية ، وعن الأمراض الناتجة عن تلوث مصادر المياه ٠ تعرض الكثيرون لجرعات عالية من الاشـــعاع المؤين ، ومات الكثيرون بسببه ، وكان المتوقع أن من تعرض لجرعات غير قاتلة ، ومن تعـــرض للاشعاع عن طريق الغبار المتساقط بعيدا عن منطقتى الانفجار ، كل هؤلاء سيصابون فى مستقبل حياتهم بأمراض سببها الاشعاع ٠ ولقد حدث هذا فعـــلا للبعض ٠ لكن أنواع الأمراض التى نربطها بالاشـــعاع - وهى السرطانات أساسا - تحدث أيضـــا لأســـباب أخرى ، والبشر جميعا يتعرضون باستمرار للاشعاع الطبيعى ٠ ولما كانت هذه الأمراض تحدث بالمجتمعات البشرية فى كل مكان ، فلا يصح أن نعزو للاشعاع الذى هـو من صنع الانسان ، الا ما يزيد عن المعدل المتوقع ٠ والآن ، وبعد مرور ٣٨ عاما من القاء القنبلتين ، سنجد أن نسبة هذه الأمراض فى المدينتين اقل من نسبتها فى المجتمعات التى تتعرض لمثل هذا الاشعاع ٠ وعـلى هذا ، فان فكرة أن يكون اشعاع الأسلحة الذرية هو السبب الرئيسى فى الموت ، أو أن يكون هو السبب فى تزايد ظهور الطفرات الرهيبة ، هذه الفكرة لا أساس لها ٠ اننا لا نحاول أن نبرر أو نغفر ما حدث لهيروشيما ونجازاكى ، لكن تبقى الحقيقـــة ، وهى أن هاتين المدينتين قد ازدهرتا واكتظتا بالبشر ، بعد أن كانتا أكواما مهجورة من الحطام ٠

ولدينا الآن بيانات مفصلة عن جزيرة بكينى المرجانية وجـزيرة اينوتوك ، الموقعين بالباسيفيكى اللذين يستخدمان فى اختبار الأســلحة الذرية ٠ فهاتان الجزيرتان بجانب مواقع الاختبار السوفييتية بسيبيريا هى اكثر الأماكن على سطح الأرض تعرضا للاشعاع ٠ تحطمت كل الحيــاة عليها اثناء فترة الاختبار ، كما احترقت تربتها وصوح بها ، ليتعــرى الصخر أجردا ٠ وعندما توقفت الاختبارات، عادت الحياة تستعمرها ثانية، حتى ليكاد يكون من المستحيل الآن أن نميزها ايكولوجيا عن المواقع الشبيهة فى المناطق الأخرى من العالم التى لم تتعرض مثلها ٠

ندرك اذن أن كوكبنا يستطيع فعلا أن ينجو من أسوأ كارثة - من صنع أيدينا - يمكن تخيلها ٠ ولم لا ؟ الم تتحمل الأرض هذا الاصطدام، الذى وصفناه ، بالكويكب والذى كان أسوأ آلاف المرات ؟٠

قد يساعدنا هذا فى أن نضع بمخيلتنا فكرة قدرة النشاط البشرى على تحطيم الحياة على الأرض ٠ فاذا ما تفحصنا التنبؤات المتشائمة بتفصيل اكبر فسنجدها اما مبنية على بيانات خاطئة او على تقديرات مبالغ فيها

جدا عن قوة الانسان • سنلوث البحار حتى تصبح غير صالحة لاقامة الحياة ! سندمر النباتات الخضراء — لا سيما الفيتوبلانكتون البحرى — فيستنفذ أكسيجين الغلاف الجوى ! سنستخدم علب الايروسول فنخرب طبقة الأوزون وتشوينا الأشعة فوق البنفسجين! سنشيد الكثير والكثير من محطات القوى النووية فنحطم انفسنا (بآليات لم نعينها) ! ان القائمة طويلة جدا ، واذا ما سخرنا منها فاننا لا نقصد أن نسخر من الاهتمام بالبيئة الأرضية • ان هذا يستحوذ على اهتمامنا الحقيقى • ولكن ليس هناك من عذر اذا لم نستخدم ما لدينا من معرفة فى جعل كوكبنا أكثر حسنا وبهجة ، لأجلنا ولأجل الأنواع الأخرى • ان كل ما علينا أن نفعله هو أن نشطب من قاموسنا الجمل الأكثر تهورا ، وأولها وأخطرها هى أن النشاط البشرى يهدد حياة الانسان ويمكن أن يهددها — برغم أننا بالطبع نستطيع أن نحطم مدننا بل وأوطاننا بكل ما تحمله من بشر — أو أنه يهدد الحيـــاة بأكملها •

كيف يمكن أن نتأكد من هذا ؟ لقد أعمل كلانا فكره فى هذه القضية سنين وسنين لنصل الى نفس النتيجة عن طريقين مختلفين • ولقد قادنا الاستنتاج الى أن ننظر الى الأرض ، والحياة التى تدعمها ، بما قد يبـــدو نظرة جديدة • ان الحياة لا شك مرنة للغاية سهلة التكيف ، تبرأ بسرعة من جرحها ، فتستعاد الظروف الملائمة للحياة • وهى تستعاد — كما تشأت أصلا — عن طريق الكائنات الحية نفسها • ولقد شكلت العمليات الحيوية سطح الأرض بأكمله من أعماق محيطاته الى أقصى قمة لغلافه الجوى • ولقد شرح الجدل المعضد لهذه النظرة فى كتاب : « جايا : نظرة جديدة للحياة على الأرض » (لمؤلفه ج٠١ لوفلوك ، سنة ١٩٧٩) ، فلا يلزمنا اذن أن نلخصها هنا • والجدل فى ذلك الكتاب يبرر مرونة الحياة •

وهو يضع النشاط البشرى فى منظوره الصحيح • فنحن نعـــرف مثلا أن مناطق مختلفة من كوكبنا على خطوط العرض العليا تختفى تحت ملاءات ثلجية فى عملية تسمى عملية التثلج • وكل الســـطوح الأرضية الموجودة على خطوط عرض أعلى من ٤٥° شمالا أو جنوبا قد تثلجت يوما وستثلج ثانية • يقتل التثلج كل الحياة النباتية وربما أيضا معظـــم الكائنات الدقيقة بالتربة ، كما يسبب فساد التربة على سطح الأرض • وهو يسبب خرابا على مستوى يفـــوق بكثير المحـــاولات التافهة لرجال الصناعة أو حتى رجال الزراعة • ولما لم يكن للتثلج أثر ضار مستديم على الحياة ككل ، فلنا أن نثق بأن المناطق على خطوط العرض العليا مناطق مرنة ، فأيا كان ما نفعله بسطح تربتها ، فالأغلب الا تكون النتائج خطيرة •

ولنا أيضا أن نثق فى أن المشاكل البيئية التى يســـببها التوســـع

الصناعى لن تكون على الأرجح خطيرة طالما كانت قدرتنا على التنبؤ بنتائج العمليات التى نبدؤها ــ ومن ثم السيطرة عليها ــ يمضى بنفس المعدل أو أسرع ٠ ربما كان التوسع فى مجال صناعة المعلومات الآن هو الأكبر ، وبذا فان المشاكل البيئية تحدد الآن وتشخص بمعدل سريع ٠ وبرغم وجود الكثير من المشاكل السياسية فان العمل المناسب عادة ما يتخذ ٠

تنشأ معظم مخاوفنا البيئية من ملاحظتنا أن البشر يحورون من بيئتهم كى تصبح أكثر ملاءمة لهم ولنباتهم وحيواناتهم المستأنسة ٠ وعادة ما يقابل الموطن الذى يصنعه الانسان بالموطن الذى لم يصنعه هو ، فمثل هذا الأخير يعتبر موطنا « طبيعيا » ، وهذا يعنى تضمينا أن ما يصنعه الانسان « ليس طبيعيا » ٠ وعلى هذا فالغابة العذراء « طبيعية » والمزرعة التى تجاورها ليست كذلك ٠ ولقد تسبب هذا الخطأ البسيط ، فى الملاحظة وفى المنطق ، فى الكثير جدا من المشاكل ٠ واذا كان لنا أن نميز بدقة بين التهديدات الحقيقية والتخيلية فعلينا أن نصححه ٠

ان كل الأنواع ــ بدءا من أبسط الكائنات الدقيقة وحتى أكبر نبات أو حيوان ــ كلها تحور من بيئاتها المباشرة ، ولا حيلة لها فى ذلك ٠ ان نشاطا أساسيا كالتنفس يغير من كيمياء الجو ، ولقد غير التمثيل الضوئى ــ وهو العملية الطبيعية تماما ــ غير بشكل جذرى ، فى التاريخ المبكر للأرض ، من كيمياء الجو باطلاق غاز الأكسيجين ٠ وكان هذا الغاز شديد السمية بالنسبة للكثير من الكائنات التى كانت موجودة عندئذ ٠ كانت هذه الكائنات على أية حال قد تعودت على بيئة خالية من الأكسيجين ٠ وكان انتاج كميات وفيرة من هذا الغاز هو أخطر واقعة تلوث فى تاريخ هذا الكوكب ــ ورغم ذلك لم تندثر الحياة ، لقد بقيت ، تماما كما حدث أيضا عقب الاصطدام بالكويكب فى العصر الطباشيرى ٠ ولا يحتاج الأمر الرجوع بعيدا فى الزمن كى نبحث عن بيئة من صنع غير البشر ، لأن كل بيئات الأرض قد صنعت هكذا ٠ ان بعض الكائنات تحور من بيئاتها بطريقة يمكن ملاحظتها مباشرة ٠ ان فى مقدور القندس أن يحيل أراضى الغابات الى مراعى ، وهو يفعل ذلك٠ وحيوانات الرعى الكبيرة تحيل الغابات الى برارى ٠ فاذا ما حور البشر من بيئتهم ، فهم بالطبع لا يقومون بما لا يفعله غيرهم من الأنواع الحية ٠

ان استعمال كلمة « الطبيعى » ليس بأكثر من تشوش لفظى نجم عن كلمة لها ــ وكان لها ــ العديد من المعانى ٠ حملت الكلمة معنى أخلاقيا اضافيا على الأقل لدى القديس توماس الأكوينى عندما كتب عن «القانون الطبيعى» والذى كان يعنى به « القانون الالهى » ٠ ولقد ضمنا هذا ــ مدركين أو غير مدركين ــ فى حكمنا على سلوك البشر عندما نقابل

بين السلوك « الطبيعى » ـ أو الهمجى » أو « الحيوانى » ـ والسـلوك « المتحضر » · ولقد أصبح الناس فى القرنين الماضيين يميلون الى تفضيل هذا النوع من السلوك أو الآخر · ولقد ناصر مؤخرا بعض علماء البيئـة وجهة نظر جان جاك روسو القائلة بأن الانسان فى « الحالة الطبيعية » يعيش فى سلام مع بيئته « الطبيعية » · وأصبح الناس يعتقدون فى خرافة « الهمجى النبيل ـ وساندهم فى ذلك الكثير من الانسانيين الهواة ، كما لو كان الأمر حقيقيا · أما الحقيقة فهى بالطبع أننا أنفسنا قد أصبحنا « الهمج النبلاء » ، وليس هناك أدنى سبب يدعونا أن نتصور أن أجدادنا الأقربين كانوا أكثر ادراكا بالبيئة منا نحن · والواقع أن الشواهد المعروفة تشير الى أنهم كانوا أقل منا ادراكا بها ·

وعلى هذا فليس أمامنا الا ان نستنبط أن قدرتنا على تحطيم العالم، او حتى تحطيم أنفسنا ، هو أمر خيالى تماما ، ناتج عن عجرفتنا · ولو اننا اكتسبنا مثل هذه القدرة ـ وفى الامكان اكتسابها اذا طورنا مثـلا مصادر للطاقة رخيصة لا تنضب يمكن أن نرفع بها حرارة الجو حتى نصل الى تثبيت ظاهرة صوبة دائمة ـ نقول لو اكتسبنا مثل هذه القدرة فمن المستبعد الا نستطيع السيطرة عليها · ان الأفضل ان نتأكد تماما بأن قدراتنا على السيطرة على صناعاتنا وتكنولوجياتنا لن تتآكل · وهذا لن يتطلب منا أكثر من اليقظة · ان علينا أن ننظر بعين الشك لكل من يحاول أن يجعلنا نرفض الصناعة والتكنولوجيا بعامة ، وتكنولوجيا المعـلومات بالذات · ان مثل هؤلاء يجعلون من زوالنا أمرا أكثر احتمالا ، لا أقل ·

لابد أن تأتى التهديدات الحقيقية من خارج الأرض ، ولعل أكثرها مباشرة هو اصطدام كويكب كبير بالأرض · ان احتمال حدوث هذا احتمال كبير يكاد يبلغ حد اليقين · لقد تسبب مثل هذا الاصطدام ذات يوم منـذ خمس وستين مليون سنة فى تغيير مسار التطور ، أو على الأقل فى اسراع عجلته · فماذا يا ترى سينتج لو حدث اصطدام آخر ؟ ان علينا ـ نحن من يستطيع تخمين النتائج ـ واجبا أخلاقيا أن نأخذ هذا مأخذ الجـد ، وأن نقوم بكل ما نسـتطيع من خطـوات متواضعة رخيصة الثمن كى نتفاداها ، لأننا نعتقد أن فى امكاننا أن نتفاداها · اننا ندين بالكثير لمن يحذو حذونا ، انسانا كان أو غير بشر ·

فاذا بحثنا عن تهديدات أخرى ، فسنجدها · اننا نشغل قطعة ثائرة خطرة فى السماء · لكن هذه قصة أخرى ··

الفهـرس

●● صدر من هذه السلسلة :

	اسم الكتاب	المؤلف
١	ـ احلام الأعلام وقصص اخرى	برتراند رسل
٢	ـ الالكترونيات والحياة الحديثة	ى · رادونسكايا
٣	ـ نقطة مقابل نقطة	الدس هكسلى
٤	ـ الجغرافيا فى مائة عام	ت · و · فريمان
٥	ـ الثقافة والمجتمع	رايموند وليامز
٦	ـ تاريخ العلم والتكنولوجيا · جـ ٢ القرن الثامن عشر والتاسع عشر	ر · ج · فوربس
٧	ـ الأرض الغامضة	ليستر ديل راى
٨	ـ الرواية الانجليزية	والتر الن
٩	ـ المرشد الى فن المسرح	لويس فارجاس
١٠	ـ آلهة مصر	فرانسوا دوماس
١١	ـ الانسان المصرى على الشاشة	د· قدرى حفنى وآخرون
١٢	ـ القاهرة مدينة ألف ليلة وليلة	أولج فولكف
١٣	ـ الهوية القومية فى السينما العربية	هاشم النحاس
١٤	ـ مجموعات النقود ·· صيانتها ·· تصنيفها ·· عرضها	ديفيد وليام ماكدونالد
١٥	ـ الموسيقى ـ تعبير نغمى ـ ومنطق	عزيز الشوان
١٦	ـ عصر الرواية ـ مقال فى النوع الأدبى	د· محسن جاسم الموسوى
١٧	ـ ديلان توماس	اشراف س·بى· كوكس
١٨	ـ الانسان ذلك الكائن الفريد	جون لويس
١٩	ـ الرواية الحديثة	بول ويست
٢٠	ـ المسرح المصرى المعاصر أصله وبدايته	د· عبد المعطى شعراوى
٢١	ـ على محمود طه · الشاعر والانسان	أنور المعداوى
٢٢	ـ القوة النفسية للاهرام	بيل شول وأدلبيت
٢٣	ـ فن الترجمة	د· صفاء خلوصى

اسم الكتاب	المؤلف
٢٤ ـ تولستوى	رالف ماتلو
٢٥ ـ ستندال	فيكتور برومبير
٢٦ ـ رسائل وأحاديث من المنفى	فيكتور هوجو
٢٧ ـ الجزء والكل	فيرنر هيزنبرج
٢٨ ـ التراث الغامض ماركس والماركسيون	سدنى هوك
٢٩ ـ فن الأدب الروائى عند تولستوى	ف٠ع٠ ادنيكوف
٣٠ ـ أدب الأطفال (فلسفته ـ فنونه ـ وسائطه)	هادى نعمان الهيتى
٣١ ـ أحمد حسن الزيات	د٠ نعمة رحيم العزاوى
٣٢ ـ أعلام العرب فى الكيمياء	د٠ فاضل أحمد الطائى
٣٣ ـ فكرة المسرح	فرنسيس فرجون
٣٤ ـ الجحيم	هنرى باربوس
٣٥ ـ صنع القرار السياسى فى منظمات الادارة العامة	السيد عليوة
٣٦ ـ التطور الحضارى للانسان (ارتقاء الانسان)	جوكوب برونوفسكى
٣٧ ـ هل نستطيع تعليم الأخلاق للأطفال ؟	د٠ روجز ستروجان
٣٨ ـ تربية الدواجن	كاتى ثير
٣٩ ـ الموتى وعالمهم فى مصر القديمة	ا ٠ سبنسر
٤٠ ـ النحل والطب	د٠ ناعوم بيتروفيتش
٤١ ـ سبع معارك فاصلة فى العصور الوسطى	جوزيف داهموس
٤٢ ـ سياسة الولايات المتحدة الأمريكية ازاء مصر ١٨٣٠ ـ ١٩١٤	د٠ لينوار تشامبرز رايت
٤٣ ـ كيف تعيش ٣٦٥ يوما فى السنة	د٠ جون سندلر
٤٤ ـ الصحافة	بيير البير
٤٥ ـ أثر الكوميديا الالهية لدانتى فى الفن التشكيلى	الدكتور غبريال وهبه

اسم الكتاب	المؤلف
٤٦ ـ الأدب الروسى قبل الثورة	
البلشفية وبعدها	د٠ رمسيس عوض
٤٧ ـ حركة عدم الانحياز فى عالم متغير	د٠ محمد نعمان جلال
٤٨ ـ الفكر الأوربى الحديث جـ ١	فرانكلين ل ٠ باومر
٤٩ ـ الفن التشكيلى المعاصر فى	
الوطن العربى ١٨٨٥ـ١٩٨٥	شوكت الربيعى
٥٠ ـ التنشئة الأسرية والأبناء الصغار	د٠ محيى الدين احمد حسين
٥١ ـ نظريات الفيلم الكبرى	تاليف : ج٠ ج٠ دادلى أندرو
٥٢ ـ مختارات من الأدب القصصى	جوزيف كونراد
٥٣ ـ الحياة فى الكون كيف نشأت	
وأين توجد ؟	د٠ جوهان دورشنر
٥٤ ـ حرب الفضاء ، دراسة تحليلية	طائفة من العلماء الأمريكيية
٥٥ ـ ادارة الصراعات الدولية ، دراسة	د٠ السيد عليوة
٥٦ ـ الميكروكمبيوتر	د٠ مصطفى عنانى
٥٧ ـ مختارات من الأدب اليابانى	
(الشعر ـ الدراما ـ	
الحكاية ـ القصة القصيرة)	اختيار وترجمة
٥٨ ـ الفكر الأوربى الحديث ٠ جـ ٢	اليابانيين القدماء والمحدثين
٥٩ ـ تاريخ ملكية الأراضى فى	فرانكلين ل٠ بلومر
مصر الحديثة	
٦٠ ـ أعلام الفلسفة السياسية المعاصرة	جابرييل باير
٦١ ـ الفكر الأوربى الحديث ٠ جـ ٣	أنطونى دى كوسبنى
٦٢ ـ كتابة السيناريو للسينما	فرانكلين ل٠ باومر
٦٣ ـ الزمن وقياسه	دوايت سوين
٦٤ ـ أجهزة تكييف الهواء	زافيلسكى ف٠س
٦٥ ـ الخدمة الاجتماعية	ابراهيم القرضاوى
والانضباط الاجتماعى	بيتر ر ٠ داى
٦٦ ـ سبعة مؤرخين فى العصور	جوزيف داهموس
الوسطى	س ٠ م بورا
٦٧ ـ التجربة اليونانية	د٠ عاصم محمد رزق
٦٨ ـ مراكز الصناعة فى مصر الاسلامية	رونالد د٠ سمبسون

اسـم الكتاب	المـؤلف
٦٩ ـ العلم والطلاب والمدارس	رونالد د. سمبسون
	و نورمان د. اندرسون
٧٠ ـ الشارع المصرى والفكر	د. أنور عبد الملك
٧١ ـ حوار حول التنمية	والت روستو
٧٢ ـ تبسيط الكيميـاء	فريد هيس
٧٣ ـ العادات والتقاليد المصرية	جون بوركهارت
٧٤ ـ التـذوق السينائى	آلان كاسـبر
٧٥ ـ التخطيط السياحى	سامى عبد المعطى
٧٦ ـ البذور الكونية	فريد هـويل
	شندرا ويكرا ماسيغ
٧٧ ـ دراما الشاشة جـ ١	حسين حلمى المهندس
٧٨ ـ الهيروين والايدز	روى روبرتسون
٧٩ ـ الفكر الأوربى الحديث جـ ٤	فرانكلين ل. باومر
٨٠ ـ نجيب محفوظ على الشاشة	هاشـم النحـاس
٨١ ـ صـــور افريقية	دور كاس ماكينتوك
٨٢ ـ الكمبيوتر فى مجالات الحياة	د. محمود سرى طه
٨٣ ـ دراما الشـاشة جـ ٢	حسين حلمى المهندس
٨٤ ـ المخدرات حقائق اجتماعية	
ونفسية	بيتـر لسورى
٨٥ ـ وظائف الأعضاء من الألف	
الى اليـاء	بوريس فيدروفيتش سيرجيف
٨٦ ـ الهندســة الوراثية	ويليـــام بينـر
٨٧ ـ تربية أســماك الزينة	ديفيـد الدرتون
٨٨ ـ كتب غيرت الفكر الانسانى	أحمد محمد الشنوانى
٨٩ ـ الفلسفة وقضايا العصر جـ ١	جمعها : جون "ر" بورو
	جمعها : جون ر. بورر
٩٠ ـ الفكر التاريخى عند الاغريق	وميلتون جولدينجر
٩١ ـ قضايا وملامح الفن التشكيلى	أرنولد توينبى
٩٢ ـ التغذية فى البلاد النامية	د. صالح رضـا
	م.هـ. كنج وآخرون
٩٣ ـ الفلسفة وقضايا العصر جـ ٢	وميلتون جولدينجر
٩٤ ـ بداية بلا نهـــاية	جورج جاموف

اسم الكتاب	اسم المؤلف
٩٥ ـ الحرف والصناعات فى مصر الاسلامية	د٠ السعيد طه ابو سديرة
٩٦ ـ حوار حول النظامين الرئيسيين للكون جـ١	جاليليو جاليليه
٩٧ ـ حوار حول النظامين الرئيسيين للكون جـ٢	جاليليو جاليليه
٩٨ ـ حوار حول النظامين الرئيسيين للكون جـ٣	جاليليو جاليليه
٩٩ ـ الارهاب	أريك موريس ، آلان هو
١٠٠ـ أخناتون	سيريل الدريد
١٠١ـ القبيلة الثالثة عشرة	آرثر كيستلر
١٠٢ـ الفلسفة وقضايا العصر جـ ٣	جمعها : جون ر٠ بورر ميلتون جولد ينجر
١٠٣ـ العلم والتكنولوجيا	ر٠ج٠ فوبس ،
١٠٤ـ الأساطير الاغريقية	ا٠ج٠ ديكسترهوز كوفلان
١٠٥ـ التوافق النفسى	توماس هاريس
١٠٦ـ الدليل الببليوجرافى	مجموعة من الباحثين
١٠٧ـ لغة الصورة	روى أرمز
١٠٨ـ الثورة الاصلاحية فى اليابان	ناجاى متشيو
١٠٩ـ العالم الثالث غدا	بول هاريسون

مطابع الهيئة العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ٥٦٨٢ /١٩٩٢

ISBN — 977 — 10 — 3103 — 2

يعرض الكتاب نظرية جديدة شيقة تعلل انقراض الدينوصورات فى نهاية العصر الطباشيرى ومعها نحو ٧٠ ٪ من الكائنات الحية التى كانت موجودة عندئذ. يوثق الكاتبان النظرية ببراهين تمتزج فيها علوم التطور والحفريات والوراثة والجيولوجيا والبيئة والمناخ والأقلمة والكيمياء والفيزيقا والفلك.

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

٣٣٠ قرشاً